

STAT

Page Denied

Next 2 Page(s) In Document Denied

ALBERT MURNBERG

Infrarot Photographie

VON WILHELM KNAPP VERLAG • HEILE (SAALE)

INFRAROT-PHOTOGRAPHIE

VON

ALBERT NÜRNBERG

MIT 117 ABBILDUNGEN



VEB WILHELM KNAPP VERLAG · HALLE (SAALE) 1957

INHALT

EINLEITUNG	9
Sichtbares Licht	9
Körperfarben	12
Infrarote Strahlen	13
Farbenempfindlichkeit von photographischen Filmen und Platten	14
Farbenempfindlichkeit von Infrarot-Materialien	15
INFRAROT-MATERIALIEN	17
Handelsformen	17
Sensibilisierung der Agfa-Infrarot-Materialien	17
Gradation	19
Empfindlichkeit	21
Körnigkeit	21
Auflösungsvermögen	22
Lichtschutz	22
Haltbarkeit	23
VERARBEITUNGSVORSCHRIFTEN	24
Einlegen von Platten und Filmen	24
Dunkelkammerbeleuchtung	24
Entwickeln	25
Kontrast	26
Entwickler	26
Helllichtentwicklung	30
Unterbrechung	31
Fixage	31
Wässerung	32
Trocknung	33
Übersensibilisierung	33
AUFNAHMETECHNISCHE BELANGE	35
Kamera	35
Objektive	35
Einstellung und Blende	37
Aufnahmefilter	41
Belichtung	46

AUS DER PRAXIS	50
Bildmäßige Infrarot-Aufnahmen	50
Mondlichteffekt-Aufnahmen	55
Fernsichten	68
Durchdringung von trüben Medien	78
Luftbildaufnahmen	83
Porträt-Aufnahmen	85
Reproduktionen von Daguerreotypen	91
Reproduktionen von vergilbten Vorlagen	93
Archäologische Forschungen	96
Reproduktionen von Gemälden	97
Photogrammetrie	100
Dunkelphotographie	102
Aufklärung von Fälschungen	106
Aufnahmen der Kriminalistik	108
Astrophotographie	109
Medizinische Aufnahmen	110
Mikrophotographie	120
Botanische Aufnahmen	125
Mineralogische Aufnahmen	125
Spektralphotographie	126
Warenprüfungen	127
Paläontologische Aufnahmen	128
Literaturhinweise	131
Sachwortverzeichnis	133

VORWORT

Über die Infrarot-Photographie bestehen bei dem Laien und teils auch in den Kreisen, die mit den sonstigen photographischen Verfahren durchaus vertraut sind, unklare, mitunter auch übertriebene Vorstellungen. Andererseits sind die Möglichkeiten zur Anwendung dieses Sondergebietes der Photographie teilweise noch nicht genügend bekannt. Diese Feststellungen ergaben sich aus zahlreichen Diskussionen und Anfragen.

Einen Überblick über die Vielseitigkeit in der Anwendung der Infrarot-Photographie zu geben und auch ihre Grenzen aufzuzeigen, soll die Aufgabe der vorliegenden Arbeit sein. An den Anfang des Buches sind einführende Betrachtungen gestellt worden. Hat sich der Anfänger mit diesen Dingen vertraut gemacht, so werden sich für ihn über die aufgezogenen Anregungen hinaus weitere Möglichkeiten zur Anwendung der Infrarot-Photographie ergeben.

In der Wissenschaft findet die Infrarot-Photographie bereits weitgehende Verwendung. Wenn in der vorliegenden Schrift die einzelnen, der Wissenschaft mit Hilfe der Infrarot-Photographie zugänglichen Gebiete trotzdem Erwähnung finden, so geschieht es, um für diesen besonderen Zweig der Photographie weitere Freunde zu gewinnen.

Durch den Umfang des Gesamtgebietes der Infrarot-Photographie mußten Wissenschaftler und Techniker gewonnen werden, die durch Ratsschläge und Mitarbeit zum Gelingen dieses Buches beitrugen. Ebenso wäre die Abrundung des Inhalts ohne Unterstützung der in dem Buch genannten Firmen nicht möglich gewesen. Ihnen allen gebührt mein Dank. Sie alle werden mit mir die Gewißheit haben, daß die Infrarot-Photographie eine Verbreitung findet, deren Nutzen bestimmten Gebieten der Wissenschaft und Technik wie auch der Schönheit des Lichtbildes Erfolg verspricht.

Jefsnitz, im Dezember 1956.

Albert Nürnberg

EINLEITUNG

Wer sich mit der Photographie beschäftigt, der weiß, daß zur Herstellung jeder photographischen Abbildung die Strahlen des Lichtes benötigt werden. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um diffuses Licht an bedeckten Tagen handelt oder um die direkten Sonnenstrahlen. Auch die Strahlen aller nur erdenklichen Kunstlichtquellen - Photolampen, Nitalampen, Leuchtstoffröhren usw. - dienen zur Erzeugung von Photographien. In neuerer Zeit werden in immer steigendem Maße auch die Abstrahlungen von Blitzröhren und -lampen für photographische Zwecke benutzt, in kleinerem Umfang dagegen nur noch Blitzlichtpulver. In allen diesen Fällen handelt es sich um die Strahlen des sichtbaren Lichtes, das je nach der Beleuchtungsart stärker oder schwächer in Erscheinung tritt.

Die Infrarot-Photographie dagegen benötigt im wesentlichen andere, dem menschlichen Auge nicht mehr wahrnehmbare Strahlen, wobei dann auch nicht mehr von Licht gesprochen werden kann. Wenn gesagt wird, im wesentlichen, so ist gemeint, daß jedoch bei vielen Infrarot-Aufnahmen auch noch die langwelligen Strahlen des sichtbaren Lichtes zum Bildaufbau mit herangezogen werden. Diese Erläuterungen erscheinen dem nicht Eingeweihten sicher verwirrend. Um die Zusammenhänge zu verstehen, müssen wir uns deshalb erst einmal mit dem Wesen des Lichtes befassen.

Sichtbares Licht

Licht ist im physikalischen Sinne eine strahlende Energie. Lichtquellen senden Lichtstrahlen aus, die sich wellenförmig mit ganz bestimmter Schwingungszahl fortpflanzen. Wir empfinden Licht durch Reizung der in der Netzhaut des Auges endenden Sehnerven.

Im Rahmen des Gesamtspektrums elektromagnetischer Wellen nimmt das sichtbare Licht nur einen recht geringen Teil ein (Abb. 1).

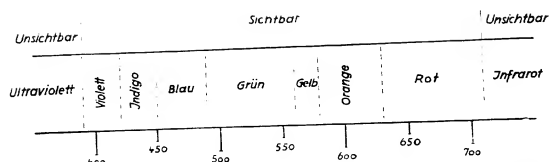


Abb. 3. Schema des Spektrums mit den ungefähren Wellenlängen der Spektralfarben.

An das Spektrum des sichtbaren Lichtes schließt sich nach der einen Seite das kurzwellige unsichtbare Ultraviolett, nach der anderen Seite das ebenfalls unsichtbare Ultrarot oder Infrarot an (s. S. 10, Abb. 1). Dieses Ultrarot und das langwellige Rot des sichtbaren Lichtes soll uns dann für unsere Arbeiten auf dem Gebiete der Infrarot-Photographie besonders interessieren.

Zum sichtbaren Licht muß noch erwähnt werden, daß es nicht immer völlig weiß ist, auch wenn es uns so erscheint. Beispielsweise ist die Farbe des Tageslichtes sehr abhängig von der Jahreszeit, von den atmosphärischen Bedingungen und von der Tagesstunde. Steht die Sonne sehr hoch, dann erscheint das Licht zwar weiß, ist aber in Wirklichkeit etwas bläulich. Bei auf- und untergehender Sonne hat das Licht eine gelbliche bis rötliche Färbung. Glühlampen und auch Photolampen erzeugen ebenfalls ein gelblich-rötliches Licht.

Körperfarben

Wir haben vom Licht gesprochen, und wie Licht in seine Farben zerlegt werden kann. Bei den Farben, denen wir in unserer Umgebung begegnen, handelt es sich nie um spektralreine Farben, sondern um Körperfarben. Es gibt Gegenstände, die uns im Licht weiß, farbig oder schwarz erscheinen, je nach dem Verhältnis, in dem der Körper die Lichtstrahlen reflektiert, d. h. zurückstrahlt, oder sie absorbiert, also verschluckt. Werden nun von einem Körper alle sichtbaren Strahlen der ihn be-

leuchtenden Lichtquelle reflektiert, dann erscheint dieser Körper weiß. Ein Körper erscheint aber farbig, wenn nur bestimmte Anteile des aufgestrahlten sichtbaren Lichtes absorbiert werden; absorbiert er sogar alle Strahlen, so erscheint er uns schwarz.

Mit stark abweichenden Lichtverhältnissen ändert sich das Aussehen bestimmter Gegenstände. Bei Textilien tritt der Farbeindruck je nach der spektralen Zusammensetzung des Lichtes oft stark in Erscheinung.

Infrarote Strahlen

An das langwellige Gebiet des sichtbaren Lichtes schließen sich, wie wir soeben gesehen haben (Abb. 1 und 3), die Wellen des Ultrarot an. Statt der in der Physik gebräuchlichen Bezeichnung „Ultrarot“ hat sich in der photographischen Literatur allgemein das Wort „Infrarot“ durchgesetzt. Das Gebiet dieser unsichtbaren Strahlen reicht von etwa 730 mμ bis 400000 mμ – 400 μ.

Photographisch läßt sich dieser große Bereich aber nicht erfassen. Mit den zur Verfügung stehenden Materialien ist nur das Gebiet bis etwa 1100 mμ photographisch verwendbar. Die Erschließung dieses Bereiches bedeutet aber schon einen großen Fortschritt sowohl für die bildmäßige Photographie als auch für außergewöhnliche Arbeiten, besonders für bestimmte Gebiete der Wissenschaft.

Welche strahlenden Körper senden nun Infrarot aus? Von den zur Photographie verwendeten Lichtquellen sind es in erster Linie die Sonne, das Tageslicht allgemein, Nitalampen und die in der Photographie gebräuchlichen Nitraphotolampen. Auch das Blitzlicht, das als loses Pulver, als Kapsel- oder Beutellitz im Handel ist, sendet Infrarotstrahlen aus. Ferner Blitzlampen, in denen bei der Betätigung Aluminium oder Magnesium in der Form von Draht oder Folien in Gegenwart von Sauerstoff verbrennt. Auch Blitzröhren strahlen Infrarot ab, allerdings nur weniger. In ihnen entsteht bei der Auslösung das Licht durch die zum Glühen gebrachte Edelgasfüllung. Die in letzter Zeit für die verschiedensten Heiz- und Trockenzwecke sehr verbreiteten Infrarot-Hellstrahler können, wie wir später noch sehen werden, auch für die Infrarot-Photographie Verwendung finden. Infrarot-Dunkelstrahler für Heizzwecke haben für die Infrarot-Photographie praktisch keine Bedeutung. Glühende Körper hoher Temperatur senden ebenfalls infrarote Strah-

len aus, finden aber direkt für photographische Arbeiten nur in seltenen Fällen Verwendung, es sei denn, die Temperatur solcher Körper soll auf photographischem Wege gemessen werden. Bei der Ausübung der Infrarot-Photographie ist es aber wiederum zu beachten, daß die aufzunehmenden Gegenstände auch infrarote Strahlen absorbieren oder reflektieren können.

Farbenempfindlichkeit von photographischen Filmen und Platten

Bevor wir uns im besonderen mit Infrarot-Platten und -Filmen beschäftigen, sollen photographische Materialien des allgemeinen Bedarfs etwas eingehender besprochen werden. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse sind auch für die Infrarot-Photographie von Nutzen.

Die in der photographischen Schicht enthaltenen Silbersalze sind von Natur aus nur für Violett und Blau empfindlich. Noch vor einigen Jahrzehnten gab es im Handel allgemein Filme und Platten, deren Schicht noch nicht durch den Zusatz von Farbstoffen auch für andere Farben als Blau empfindlich war, wie wir es in der Aufnahme des Spektrums einer Glühlampe sehen (Abb. 4).

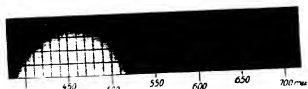


Abb. 4. Aufnahme des Spektrums mit einer unsensibilisierten (farbenblinden) Schicht.

Die Glühlampe hatte eine Farbtemperatur von 3200 K*. Sie fand auch bei den noch folgenden Aufnahmen des Spektrums Verwendung. Es ist deutlich zu erkennen, daß eine derartige Schicht nur für das sichtbare Gebiet von 390 bis 520 mμ empfindlich ist. Den Aufnahmen mit unsensibilisierten Filmen und Platten hafteten hinsichtlich der Wiedergabe in Grauwerten naturgemäß noch außerordentlich große Mängel an. Später wurde die Sensibilisierung von Photoschichten üblich, die durch den Zusatz kompliziert zusammengesetzter Farbstoffe zur Emulsion erfolgt. Der Gebrauch von orthochromatischen Filmen und Platten stellte gegenüber den unsensibilisierten Materialien bereits einen Fortschritt dar. Außer Violett und Blau werden von orthochromatischem Material

* Kelvinskala: Temperaturskala, die von dem Physiker Kelvin aufgestellt wurde. Sie beginnt mit $-273,16^{\circ}\text{C}$, dem absoluten Nullpunkt. 0°C entsprechen $273,16^{\circ}\text{K}$.

Grün und Gelb erfaßt. Der erweiterte Empfindlichkeitsbereich geht von 390 bis 580 mμ. Dadurch ist die Farbwiedergabe in ihren Grauwerten

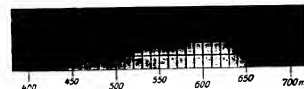
Abb. 5. Aufnahme des Spektrums mit einer orthochromatischen Schicht.



schon wesentlich verbessert worden. Heute haben aber auch diese Materialien schon wieder an Bedeutung verloren und finden nur noch in geringem Maße Verwendung.

Das Bestreben, ein photographisches Aufnahmемaterial zu schaffen, das der Augenempfindlichkeit sehr nahe kommt, führte über pandchromatische Filme und Platten zum jetzt allgemein üblichen orthopandchromatischen Material. Es bietet den Vorteil, nicht nur beim Tageslicht oder ihm ähnlichen Lichtquellen mit bestem Erfolg verwendbar zu sein. Die orthopandchromatische Schicht ist durch ihre zusätzliche Rotempfindlichkeit ebenfalls für gelbliches und rötliches Kunstlicht sehr gut geeignet. Gegenüber unsensibilisiertem und orthochromatischem Material wurde der Bereich also wieder erweitert, und zwar bis zum Rot von etwa 665 mμ (Abb. 6).

Abb. 6. Aufnahme des Spektrums mit einer orthopandchromatischen Schicht.



Farbenempfindlichkeit von Infrarot-Materialien

Infrarot-Materialien unterscheiden sich von anderen photographischen Filmen und Platten in erster Linie durch ihre besondere Sensibilisierung. Auf Grund umfangreicher Forschungen hervorragender Wissenschaftler werden von einzelnen Fabriken Infrarot-Materialien hergestellt. Besonders interessieren uns die Erzeugnisse des VEB Filmfabrik Agfa-Wolffen. Außerdem stellen folgende Firmen Infrarot-Materialien her: Eastman Kodak Co. (USA), Gevaert (Belgien), Ferrania (Italien), Ilford

(England) und Guilleminot (Frankreich). Da die Infrarot-Materialien nur für die ganz besonderen Forderungen der Infrarot-Photographie hergestellt werden, ist es auch nicht zu erwarten, daß es sich dabei um ein Vielzweckmaterial handelt. Gewiß wäre es ideal, wenn sich ein in der Kamera befindlicher Film gleichzeitig für normale und Infrarot-Aufnahmen eignen würde. Dem ist aber nicht so.

Die unsensibilisierte Grundemulsion ist, wie wir schon gesehen haben (Abb. 4), nur für Violett bis Blau, kaum noch für Grün, empfindlich. Die zur Sensibilisierung für Infrarot-Materialien verwendeten Farbstoffe schaffen eine zusätzliche Empfindlichkeit entweder für das sichtbare Rot und das Infrarot oder, wie wir noch sehen werden, nur für Infrarot. Es fehlt also die Empfindlichkeit für Grün, Gelb und Orange vollständig. Daraus ergibt sich, daß bei Verwendung von Infrarot-Filmen und -Platten ohne Filter für gewöhnliche Außenaufnahmen keine besseren Ergebnisse zu erwarten sind als mit den unsensibilisierten Materialien der Vergangenheit.

Vergegenwärtigen wir uns diese Verhältnisse im Spektrum, so erkennen wir am Agfa-Infrarapid-Film 750 eine Empfindlichkeit im violetten und blauen Teil und eine zusätzliche Empfindlichkeit im sichtbaren Rot (Abb. 7). Erst im infraroten Gebiet steigt die Empfindlichkeit bei 720 m μ

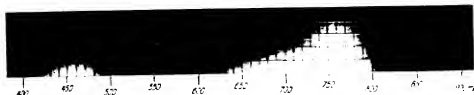


Abb. 7. Spektrum des Agfa-Infrarapid-Films 750, welches die Empfindlichkeit im blauen und infraroten Gebiet erkennen läßt.

an und erreicht das Maximum bei 750 bis 760 m μ . Die ausnutzbare Empfindlichkeit erstreckt sich aber noch bis mindestens 800 m μ . Durch entsprechend gelenkte Sensibilisierungen ist bei anderen Infrarot-Materialien, die wir im übernächsten Abschnitt kennenlernen werden, die Empfindlichkeit teilweise sowohl im Gebiet des sichtbaren Rot und im Infrarot als auch nur im Infrarot anders gelegt worden.

INFRAROT-MATERIALIEN

Handelsformen

Für die Kennzeichnung der im Handel befindlichen Infrarot-Materialien ist die Angabe der Wellenlänge des ungefähren Empfindlichkeitsmaximums üblich. Außerdem werden Platten vom Hersteller noch mit der Bezeichnung Rapid oder Hart geliefert. Diese Eigenschaften sollen noch gesondert behandelt werden. Die Plattenpackungen enthalten 12 Stück und werden in den Formaten 6,5×9, 9×12, 13×18 und 18×24 cm hergestellt. Den Agfa-Infrarapid-Film 750 gibt es als Kleinbildfilm in Patronen und als Meterware in Längen von 5 m, für kinematographische Zwecke (35 mm breit) aber auch in Rollen von 120 oder 300 m.

Es ist wichtig, stets die Sensibilisierung der einzelnen Sorten zu kennen, um sie danach für die bestimmten Aufgabengebiete einsetzen zu können. Aus den positiven Abbildungen 8–18 ist die spektrale Empfindlichkeit der Agfa-Infrarot-Materialien zu ersehen. Die erforderliche Dauer der Belichtung war für die einzelnen Spektren sehr unterschiedlich, da die Empfindlichkeit bei den Infrarot-Platten um so geringer ist, je weiter das Sensibilisierungsmaximum im langwelligen Gebiet liegt (s. auch S. 21).

Sensibilisierung der Agfa-Infrarot-Materialien

Die Lage der spektralen Empfindlichkeit und des wirklichen Empfindlichkeitsmaximums sind in der Tabelle zusammengestellt:

Bezeichnung	spektrale Empfindlichkeit	wirkliches Maximum
Agfa-Infrarot-Platte 700 Rapid	620 bis 750 m μ	720 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 700 Hart	620 bis 750 m μ	720 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid	660 bis 830 m μ	770 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 750 Hart	660 bis 790 m μ	755 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid	700 bis 855 m μ	820 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 800 Hart	730 bis 860 m μ	830 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid	700 bis 890 m μ	850 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 850 Hart	720 bis 900 m μ	860 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 950	750 bis 970 m μ	930 m μ
Agfa-Infrarot-Platte 1050	780 bis 1100 m μ	1050 m μ
Agfa-Infrarapid-Film 750	630 bis 805 m μ	760 m μ

Aufnahmen der Spektren.



Abb. 8. Infrarot-Platte 700 Rapid.

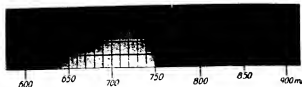


Abb. 9. Infrarot-Platte 700 Hart.

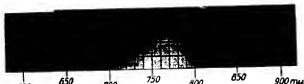


Abb. 10. Infrarot-Platte 750 Rapid.

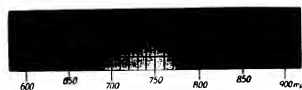


Abb. 11. Infrarot-Platte 750 Hart.



Abb. 12. Infrarot-Platte 800 Rapid.

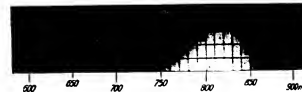


Abb. 13. Infrarot-Platte 800 Hart.

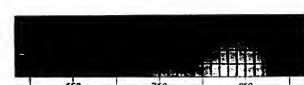


Abb. 14. Infrarot-Platte 850 Rapid.



Abb. 15. Infrarot-Platte 850 Hart.

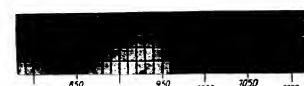


Abb. 16. Infrarot-Platte 950.



Abb. 17. Infrarot-Platte 1050.



Abb. 18. Infrarapid-Film 750.

Gradation

Neben der Sensibilisierung ist auch die Gradation ein wichtiges Merkmal für Infrarot-Platten und -Filme. Sie wird bestimmt, indem man das Material einer bekannten stufenweisen Belichtung unterwirft, nach der Verarbeitung die Schwärzungen photometrisch ausmisst und die ermittelten Werte auf ein Koordinatensystem überträgt. Auf der Abszisse werden die Belichtungsstufen und auf der Ordinate die Schwärzungen eingezeichnet, beide als logarithmische Werte. Wird der geradlinige Teil der entstandenen Kurve nach unten verlängert, so bildet diese Gerade mit der waagerechten Achse des Koordinatensystems den Winkel α (Alpha) (Abb. 19). Der Tangenswert dieses Neigungswinkels wird mit dem griechischen Buchstaben γ (Gamma) bezeichnet.

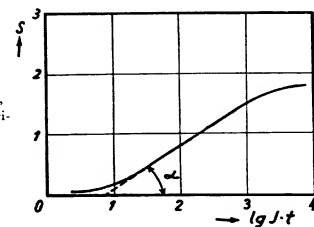


Abb. 19.

— Schema einer Schwärzungskurve,
- - - Verlängerung des geradlinigen Teiles.

Das Gamma ist allgemein ein Kennzeichen für die Gradation photographischer Materialien. Hohe Gammawerte sind gleichbedeutend mit steilen, niedrige Gammawerte mit flachen Emulsionen. In der allgemeinen Photographie wird mit einem Gamma von 0,6 bis 0,9 gearbeitet, in der Infrarot-Photographie aber mit höheren Gammawerten. Die dargestellten Gradationskurven (Abb. 20) zeigen die Unterschiede zwischen den Agfa-Infrarot-Platten. Sie sollen nur ein Beispiel für die Sortengruppen „Rapid“ und „Hart“ sein.

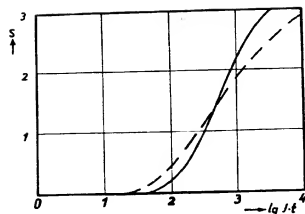


Abb. 20. Schwärzungskurven von Infrarot-Platten.
— Agfa-Infrarot-Platte 750 Hart, Gamma 2,4,
--- Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid, Gamma 1,5,
entwickelt 5 Min. in Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 + 5.

Die Schwärzungskurven sind ohne Schleier aufgetragen.

Dem neuen Agfa-Infrarapid-Film 750 mit gesteigerter Empfindlichkeit ist eine steile Gradation eigen. Hier sind je nach der Entwicklung besonders unterschiedliche Gammawerte zu erzielen (Abb. 21).

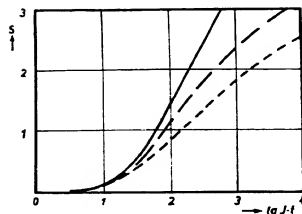


Abb. 21. Schwärzungskurven von Agfa-Infrarapid-Film 750.
— entwickelt 5 Min. in Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 + 5, Gamma 2,4
--- entwickelt 10 Min. in Agfa-Final, Gamma 1,4
... entwickelt 10 Min. in Agfa-Atomal F, Gamma 0,9.

Die Schwärzungskurven sind ohne Schleier aufgetragen.

Die Schwärzungskurven der Abbildungen 20 u. 21 wurden durch Belichtung des Infrarot-Materials mit Nitallicht unter Vorschaltung des Agfa-Filters Nr. 83 erhalten. Das Filter schaltete die Strahlen des sichtbaren Lichtes aus.

Die Beeinflussung der Gradation durch die Dauer der Entwicklung und durch die Art des Entwicklers wird in dem Abschnitt Entwickeln von Infrarot-Materialien noch eingehender behandelt (s. S. 25).

Empfindlichkeit

Für photographisches Material des normalen Bedarfs, worunter Filme und Platten für Außen-, Innen-, Architektur-, Porträt-, Sport-, Reportageaufnahmen u. ä. zu verstehen sind, wird von den Herstellern dieser Sorten in Deutschland die Empfindlichkeit in DIN-Graden angegeben. Die Bedingungen sind in dem Normblatt 4512 (Negativ-Material für bildmäßige Aufnahmen, Bestimmung der Lichtempfindlichkeit) festgelegt. Für die Prüfungen schreibt das Normenblatt u. a. eine bestimmte Glühlampe als Lichtquelle vor, deren Strahlen durch ein Flüssigkeitsfilter eine genau korrigierte spektrale Zusammensetzung haben, die dem mittleren mittäglichen Sonnenlicht des Breitengrades von New York entsprechen.

Infrarot-Filme und -Platten werden in der Praxis mit Hilfe der verschiedenartigsten Lichtquellen belichtet. Dazu kommt, daß Infrarot-Material, wie wir schon erfahren, eine ganz andere Farbmempfindlichkeit besitzt als normale photographische Schichten, und schließlich werden Infrarot-Aufnahmen praktisch stets in Verbindung mit besonderen Aufnahmefiltern verwendet, die das sichtbare Licht völlig oder zum größten Teil ausschalten. Deshalb ist eine Empfindlichkeitsangabe für Infrarot-Materialien nach DIN-Graden nicht möglich. Es können nur vergleichende Werte im Zusammenhang mit einer photographischen Emulsion, deren Empfindlichkeit bekannt ist, gegeben werden. Diese Angaben erfolgen unter dem Abschnitt Aufnahmefilter (s. S. 47/48).

Infrarot-Platten sind um so geringer empfindlich, je weiter das Sensibilisierungsmaximum in das langwellige Gebiet reicht. Die mit „Rapid“ bezeichneten Agfa-Infrarot-Platten sind in der Regel, je nach dem verwendeten Filter, annähernd doppelt so empfindlich wie die Sorten „Hart“ für die gleiche Wellenlänge. Der Agfa-Infrarapid-Film 750 dagegen ist eine Ausnahme. Er ist etwa viermal so empfindlich wie die entsprechende Rapid-Platte.

Körnigkeit

Für bestimmte Arbeiten mit Infrarot-Materialien, besonders für wissenschaftliche Zwecke, ist es notwendig, die Körnigkeit der einzelnen Sorten zu kennen.

Die Schwärzungen einer photographischen Schicht bauen sich aus einzelnen Silberkörnern auf, deren Verteilung als Körnigkeit bezeichnet

wird. Die Körnigkeit ist bedingt durch die Korngröße des Silberhalogenides in der unentwickelten Schicht, durch die Art des verwendeten Entwicklers (Rapidentwickler, Feinkornentwickler, Feinstkornentwickler), durch die Temperatur des Entwicklers und durch die Dauer der Entwicklung.

Mit einem Rapidentwickler (Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung, 1 + 5 mit Wasser verdünnt, 5 Minuten entwickelt) haben Agfa-Infrarot-Platten mit der Bezeichnung „Hart“ bei der Schwärzung S (= 0,5) einen mittleren Korndurchmesser von $1,05 \mu$ und die Platten „Rapid“ einen solchen von $1,2 \mu$. Der Agfa-Infrarapid-Film 750 hat einen mittleren Korndurchmesser von $0,95 \mu$.

Auflösungsvermögen

Auch das Auflösungsvermögen der Infrarot-Schichten ist besonders für wissenschaftliche Arbeiten von Bedeutung. Es hängt von bestimmten Emulsionseigenschaften, besonders von der Körnigkeit, der Schichtdicke, der Lichthoffreiheit und wiederum von der Entwicklung ab.

Man versteht unter Auflösungsvermögen die Zahl von Linien pro Millimeter, die nach der Aufnahme eines Strichrasters von der photographischen Schicht so wiedergegeben werden, daß das Raster noch als solches zu erkennen ist.

Aufnahmen eines Prüfrasters nach Foucault ergeben nach der Auswertung am Mikroskop für die Agfa-Infrarot-Platten „Hart“ und den Agfa-Infrarapid-Film 750 ein Auflösungsvermögen von 60 bzw. 65 Linien pro Millimeter und 40–45 Linien für die Sorten „Rapid“, wenn sie 5 Minuten in Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 : 5 entwickelt werden (s. auch S. 20). Diese Auflösung bedeutet, daß sie für die Sorten „Hart“ und den Infrarapid-Film 750 etwa gleich den hochempfindlichen orthopanchromatischen Aufnahmematerialien ist.

Lichthofschutz

Die Agfa-Infrarot-Platten werden ohne Lichthofschutz geliefert. Die üblichen Rückschichten bei Platten und Planfilmen, die allgemein den Reflexionslichthof verhindern sollen, stellen für Infrarot-Materialien

keinen geeigneten Schutz dar, da die langwelligen Infrarotstrahlen die farbigen und trüben Medien des Lichthofschutzes durchdringen. Im Interesse einer guten Auflösung sollten daher Aufnahmen, bei denen es auf diese Eigenschaften besonders ankommt, möglichst richtig belichtet werden. Überbelichtungen würden Überstrahlungen hervorrufen, die auf Reflexionen zurückzuführen sind und ein ungünstiges Auflösungsvermögen vortäuschen.

Der Agfa-Infrarapid-Film 750 wird auf grauer Unterlage geliefert, die vor allem den Lichteinfall durch das Patronenmaul verhüten soll.

Haltbarkeit

Infrarot-Materialien sind nur begrenzt haltbar. Die Filmfabrik Agfa Wolfen gibt für alle Infrarot-Plattensorten „Hart“ und für den Infrarapid-Film 750 eine Laufzeit von 6 Monaten an. Die Sorten „Infrarot-Rapid“ bis 850 haben eine Haltbarkeit von 5 Monaten. Diese Zeiten gelten für die Aufbewahrung bei Temperaturen unter 18°C und einer relativen Feuchte von 50 bis 60%. $1\frac{1}{2}$ Monate hält sich die Infrarot-Platte 950 und einen Monat die Platte 1050*. Bei Überschreitung der genannten Laufzeiten steigt der Schleier an, und die Empfindlichkeit im Infrarot geht zurück.

Die Haltbarkeit läßt sich erhöhen, wenn die Materialien in Kühl-, notfalls in Eisschränken aufbewahrt werden. Allerdings müssen die Packungen unbedingt in luftdicht verschließbare Gefäße eingelagert werden. Es eignen sich dazu passende Blechgefäße, die mit Isolierband verschlossen werden, oder auch Konservengläser, die sich mit einem Gummiring abdichten lassen. Vorteilhaft lagert man in die Gefäße eine geringe Menge hygroskopischer Mittel (Silikagel, getrocknete Reiskörner) mit ein, um dem Raum das sich bei tiefen Temperaturen bildende Kondenswasser zu entziehen. Sollen kühl gelagerte Materialien verarbeitet werden, so sind sie vorher einige Stunden der Temperatur des Raumes anzugleichen, in dem die Aufnahmen gemacht werden sollen.

* Die Agfa-Infrarotplatte 1050 mußte sich früher beim Transport auf größere Entfernungen in einer Umgebung von fester Kohlensäure befinden. Durch eine neue Sensibilisierung genügt jetzt eine Lagerung um 0°C .

VERARBEITUNGSVORSCHRIFTEN

Einlegen von Platten und Filmen

Platten müssen zur Aufnahme naturgemäß in die passenden Kassetten eingelegt werden. Diese Arbeit wird am besten bei völliger Dunkelheit vorgenommen. Die Platten müssen entsprechend der Konstruktion der Kassetten eingelegt werden, und zwar so, daß die Schichtseite bei der Aufnahme dem Objektiv zugekehrt ist. Die Schichtseite ist an der etwas rauhen Oberfläche, die man beispielsweise mit dem trocknen Handballen abfühlen kann, leicht von der Glasseite zu unterscheiden. Außerdem werden die Agfa-Platten paarweise zwischen Papierlaschen stets so gepackt, daß die Emulsionsseiten einander zugekehrt sind. Vorsicht ist bei Verwendung von Holzkassetten für Infrarot-Platten geboten. Holz kann bei hellem Licht, dem die Kassetten ausgesetzt werden, Infrarotstrahlen durchlassen. Verschleierungen sind die unausbleibliche Folge. Eingelegte Platten längere Zeit in Kassetten aufzubewahren, ist nicht ratsam.

Der Agfa-Infrarapid-Film 750 in Patronen sollte stets nur bei gedämpftem Licht in die Kamera eingesetzt werden, um das Eindringen von Fremdlicht durch das Patronenmaul zu verhüten.

Dunkelkammerbeleuchtung

Für die Verarbeitung in der Dunkelkammer kann nur eine sichere Beleuchtung Verwendung finden. Die Agfa schreibt für die von ihr hergestellten Infrarot-Materialien zuverlässige Dunkelkammerschutzfilter vor, die nur mit Lampen bestimmter Wattzahl verwendet werden dürfen.

Material	Agfa-Dunkelkammerschutzfilter	Lampe u. Abstand	Beleuchtung
Infrarot-Platten 700 u. 750	108 dunkelgrün	15 Watt 75 cm	direkt
Infrarot-Platten 800 Infrarapid-Film 750	108 dunkelgrün	15 Watt 75 cm	indirekt
Infrarot-Platten 850, 950, 1050	114 hellgrün	Glimmlampe 75 cm	direkt

Das Licht dieser Dunkelkammerbeleuchtungen ist immerhin nur sehr spärlich. Man sollte sich vor der Entwicklung erst einige Minuten in der Dunkelkammer aufhalten, damit sich das Auge adaptieren kann. Besser und zuverlässiger lassen sich Infrarot-Materialien unter Verwendung der Helligkeitentwicklung verarbeiten, die noch gesondert besprochen werden soll (s. S. 30).

Entwickeln

Je nach dem angestrebten Kontrast ist für Infrarot-Materialien der entsprechende Entwickler zu wählen. Wir haben unter dem Abschnitt Gradation gesehen, welche Gammawerte mit den Agfa-Infrarot-Platten „Rapid“ bzw. „Hart“ und dem Agfa-Infrarapid-Film 750 bei Verwendung der Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung in der Verdünnung 1 + 5 zu erzielen sind.

Für die zur bildmäßigen Photographie dienenden Schichten, das sind die Plattensorten Rapid und auch der Infrarapid-Film, muß dieser Kontrast als hoch bezeichnet werden. So hohe Gammawerte sind aber nicht immer erwünscht. In vielen Fällen wird ein geringerer Kontrast angestrebt werden müssen, wobei für die Infrarot-Photographie ein Gamma von 0,8 bis 1,0 als normal gilt. In außergewöhnlichen Fällen wird ein noch geringerer Kontrast erforderlich sein. Gammawerte von 0,6 bis 0,7 bezeichnen wir für diesen besonderen Zweig der Photographie als niedrig. Durch Verkürzung der Entwicklungszeit lassen sich in jedem Entwickler niedere Gammawerte erzielen. Allerdings geht bei dieser Methode ein nicht unbedeutender Teil an Empfindlichkeit verloren. Einen solchen Empfindlichkeitsverlust können wir uns aber in der Infrarot-Photographie allgemein nicht erlauben. Deshalb werden zur Erzielung eines niederen Gammawertes Entwickler verwendet, die diesen Forderungen entsprechen, hinsichtlich der Empfindlichkeit aber alles herausholen. Es wird eine Reihe von erprobten Entwicklern genannt, die zu den eben besprochenen Kontrasten führen. Als Entwicklungstemperatur sollen stets 18° C eingehalten werden. Liegt die Temperatur niedriger, geht wiederum Empfindlichkeit verloren. Bei höheren Temperaturen tritt leicht Schleierbildung auf.

Kontrast

Entwickler	Zeit in Minuten	Kontrast
Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 + 5	4 bis 5	hoch
Agfa 1	4 bis 5	hoch
Agfa-Final	8 bis 10	normal
Agfa-Rodinal 1 + 20	5 bis 6	normal
Agfa-Rodinal 1 + 40	9 bis 10	gering
Agfa-Atomal F	8 bis 10	gering
Agfa-Denal	12	gering
Agfa 12	12 bis 15	gering
Agfa 14	15 bis 18	gering
Agfa 15	8 bis 10	gering

Infrarot-Platten „Hart“ werden allgemein nur in solchen Fällen genommen werden, in denen es auf möglichst harte Abbildungen ankommt. Auch die Entwicklung muß dann so gesteuert werden, daß dieses Ziel erreicht wird. Dazu dienen die Entwickler Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 + 5 und Agfa 1.

Agfa-Infrarot-Platten 950 und 1050 nehmen bezüglich der Entwicklung eine Sonderstellung ein. Sie werden vorteilhaft 10 bis 12 Minuten in dem Glycin-Entwickler Agfa 8 entwickelt und führen dann zu normalem Kontrast.

Alle aufgeführten Entwicklungszeiten beziehen sich für Platten auf die Entwicklung in der Schale und für den Infrarapid-Film 750 auf die Verarbeitung in der Entwicklungsdose. Wird zur Tankentwicklung übergegangen, dann muß die Dauer der Entwicklung um 20–25% verlängert werden.

Entwickler

Am bequemsten arbeitet es sich mit konzentrierten Entwicklerlösungen, die zum Gebrauch nur der Verdünnung mit Leitungswasser bedürfen.

Auch die Gebrauchspackungen, die die Substanzen in trockener Form enthalten, sind in der Handhabung praktisch. Sie entheben uns der Mühe des Abwiegens und bieten Gewähr für photographisch einwandfreie Chemikalien.

Bei den meisten der genannten, weicher arbeitenden Entwickler muß zum Selbstansatz geschritten werden. Hierfür sind bestimmte Bedingungen zu berücksichtigen, um die Ergebnisse mühevoller Arbeit nicht zu gefährden.

Die benötigten Chemikalien müssen, photographisch gesehen, von einwandfreier Beschaffenheit sein. Steht zum Ansatz kein destilliertes Wasser zur Verfügung, so kann auch abgekochtes Leitungswasser Verwendung finden. Verstäuben von Chemikalien ist unter allen Umständen zu vermeiden. Das Abwiegen der Substanzen muß peinlichst genau durchgeführt werden. Die Lösung der Chemikalien erfolgt in der angegebenen Reihenfolge. Jede Substanz muß völlig aufgelöst sein, bevor die nächste zugegeben wird. Wasser von 30–45° C beschleunigt das Auflösen.

Es ist vorteilhaft, die Entwickler einen Tag vor der Verwendung anzusetzen, damit ein innerer Ausgleich eintreten kann. Der Sauerstoff der eingeschlossenen Luft wirkt sein Oxydationsvermögen aus und wird aufgebraucht. Trübungen gehen in Flockungen oder Niederschläge über. Sind diese sehr stark, so muß die Lösung filtriert werden.

Zur Entwicklung von Infrarot-Materialien eignen sich folgende Entwickler:

Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung, konzentriert

Dieser Entwickler bietet neben der Einfachheit in der Handhabung den Vorteil einer Verwendung in verschiedenen Verdünnungen. Wir haben schon besprochen, zu welchen Kontrasten er in der Verdünnung 1 + 5 entwickelt. Er läßt sich aber auch geringer oder höher verdünnen und liefert dann entsprechend steilere oder flachere Ergebnisse, wobei die Entwicklungszeit zu verkürzen oder zu verlängern ist. Außerdem ist dieser Entwickler auch für die Positivbearbeitung brauchbar.

Agfa-Rodinal

Bei diesem Entwickler handelt es sich um eine hochkonzentrierte Lösung. In der Verdünnung 1 + 20 führt er zu normaler Gradation, wie aus der Aufstellung (S. 26) zu ersehen ist, und zu flacherer Gradation in der Verdünnung 1 + 40. In angebrochenem Zustand verfärbt sich manchmal

der hochkonzentrierte Entwickler in der Flasche. Diese Erscheinung ist ohne Einfluß auf die Entwicklungseigenschaften. Der verdünnte Rodinalentwickler ist bei Luftzutritt nur begrenzt haltbar. Es empfiehlt sich daher, stets nur soviel Lösung zu bereiten, wie gerade benötigt wird. Am Abend eines jeden Arbeitstages muß der verdünnte Entwickler auf jeden Fall weggeschüttet werden. Für die Herstellung von Papierbildern ist dieser Entwickler nicht zu verwenden.

Agfa-Final-Feinkorn- und Ausgleichentwickler

Sowohl für die Schalen- als auch für die Tankentwicklung geeignet, verfügt dieser Entwickler über eine gute Haltbarkeit und Ausnutzungsfähigkeit. Die Auflösung der trocknen Salze ist denkbar einfach und wird entsprechend der der Packung beiliegenden Gebrauchsanweisung vorgenommen. Agfa-Finalentwickler zu normalem Kontrast. Als Positiventwickler ist Final nicht geeignet.

Agfa-Atomal-F-Feinstkornentwickler

Ein für die bildmäßige Infrarot-Photographie gut geeigneter Entwickler. Die Substanzen werden in trockener Form geliefert, so daß sie nur der Vorschrift entsprechend aufzulösen sind. Atomal F liefert zarte Negative bei hervorragend feinem Korn und sehr gutem Auflösungsvermögen. In der Haltbarkeit und Ausnutzungsfähigkeit entspricht Atomal F dem Final-Entwickler. Atomal F ist kein Positiventwickler.

Agfa 1

Wasser	750 ml
Metol	5 g
Natriumsulfit wasserfrei	40 g (oder 80 g krist.)
Hydrochinon	6 g
Kaliumkarbonat	40 g
Kaliumbromid	2 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Dieser Entwickler kann auch als kräftig arbeitender Positiventwickler Verwendung finden.

Agfa 8

Wasser	750 ml
Natriumsulfit wasserfrei	12,5 g (oder 25 g krist.)
Glycin	2 g
Kaliumkarbonat	25 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Besonders geeignet für Agfa-Infrarot-Platten 950 und 1050.

Agfa 12

Wasser	750 ml
Metol	8 g
Natriumsulfit wasserfrei	125 g (oder 250 g krist.)
Natriumkarbonat wasserfrei	6 g (oder 16,2 g krist.)
Kaliumbromid	2,5 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Entwickler dieser Gruppe (Hochsulfit) arbeiten sehr feinkörnig, eignen sich aber nicht als Positiventwickler.

Agfa 14

Wasser	750 ml
Metol	4,5 g
Natriumsulfit wasserfrei	85 g (oder 170 g krist.)
Natriumkarbonat wasserfrei	1 g (oder 2,7 g krist.)
Kaliumbromid	0,5 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Hier handelt es sich ebenfalls um einen feinkörnig arbeitenden Negativ-Entwickler, der aber bei Positiven nur ungenügende Schwärzungen ergibt.

Agfa 15

Wasser	750 ml
Metol	8 g
Natriumsulfit wasserfrei	125 g (oder 250 g krist.)
Natriumkarbonat wasserfrei	12 g (oder 32,4 g krist.)
Kaliumbromid	1,5 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Auch diesen Entwickler nimmt man nicht für die Positivbearbeitung.

Hellichtentwicklung

In der Infrarot-Photographie hängt die Qualität des später anzufertigenden Positivs sehr von dem Kontrast und der Dichte des Negativs ab. Kann während der Entwicklung die zunehmende Schwärzung gut beobachtet werden, so läßt sich der richtige Zeitpunkt zur Beendigung des Entwicklungsvorganges sicherer bestimmen. Dazu wird aber auch eine viel hellere Dunkelkammerbeleuchtung benötigt. Um diese anwenden zu können, muß das Infrarot-Material desensibilisiert werden.

Dieser Vorgang läßt sich mit Hilfe eines geeigneten Desensibilisators während des Entwicklungsvorganges durchführen. „Agfa-Denoxan“, als Desensibilisator in Tablettenform geliefert, wird entsprechend der Vorschrift aufgelöst und dem Entwickler zugesetzt.

Noch bequemer in der Handhabung ist der neue Hellichtentwickler „Agfa-Denal“. Er gestattet die Verwendung einer sehr hellen Dunkelkammerbeleuchtung. Zudem handelt es sich bei diesem Erzeugnis um einen Feinstkornentwickler, der Infrarot-Materialien zu geringem Kontrast entwickelt (s. S. 26).

Die Entwicklung beginnt in beiden Fällen zunächst bei der erwähnten Dunkelkammerbeleuchtung (s. S. 24) oder völlig im Dunkeln. Nach wenigen Minuten Entwicklungsdauer – während dieser Zeit übt der Desensibilisator seine Wirkung aus – kann eine hellere Beleuchtung eingeschaltet werden, und zwar bei Denoxan nach 2 Minuten das Licht des Agfa-Dunkelkammerschutzfilters 103 (grün), welches das Infrarot-Material unter Verwendung einer 15-Watt-Lampe **direkt** beschienen darf, oder das bei derselben Wattzahl noch hellere Licht des Schutzfilters 113D (gelbgrün), welches auf die Filme oder Platten aber nur **indirekt** wirken darf. Der Hellichtentwickler Agfa-Denal erlaubt nach 3 Minuten Entwicklung bei den vorgeschriebenen Dunkelkammerschutzfiltern (s. S. 24) die Anwendung des sehr hellen Filters 113D (gelbgrün) unter **direkter** Beleuchtung. Bei diesen Beleuchtungen läßt sich die fortschreitende Entwicklung genau verfolgen. Für die hochsensibilisierten Infrarot-Materialien, deren maximale Empfindlichkeit bei 800 m μ oder höher liegt, ist aber trotzdem noch Vorsicht geboten. Ein Abstand von 75 cm zwischen Leuchte und Entwicklungsschale darf für die Dauer der Entwicklung nicht unterschritten werden. Nur zur Beurteilung in der Durchsicht geht man für kurze Zeit näher an die Leuchte heran.

Das Negativ hat dann seine Deckung erreicht, wenn es die Kraft erhalten hat, die es nach der Fixage aufweisen soll. Zwar täuscht anfangs noch die durch das gelbliche Bromsilber bedingte Trübung des Negativs. Der Unterschied gegenüber dem ausfixierten klaren Negativ ist aber sehr gering. Hat man die Hellichtentwicklung erst einige Male ausgeübt, dann wird man sich später immer dieser Methode bedienen, da sie sichere Ergebnisse garantiert.

Unterbrechung

Nach der beendeten Entwicklung müssen die Platten und Filme sorgfältig abgespült werden. Das geschieht entweder in reinem, am besten fließendem Wasser 20–30 Sekunden lang oder in einem Unterbrecherbad. Unterbrecherbäder sind einfach anzusetzen und wirksamer als Wasser allein. Beim Übergang vom alkalischen Entwickler in ein saures Unterbrecherbad wird der in der gequollenen Schicht befindliche Entwickler seiner Fähigkeit beraubt, noch weiter reduzierend zu wirken. Außerdem verhindert ein Unterbrecherbad das Einschleppen von Entwickleralkali in das saure Fixierbad.

Brauchbare Unterbrecherbäder sind:

Agfa 200	Wasser	980 ml
	Eisessig	20 ml
Agfa 201	Wasser	900 ml
	Kaliummetabisulfit	40 g
	nach der Auflösung bis	1 l auffüllen
Agfa 202	Wasser	925 ml
	Bisulfitlauge	75 ml

Behandlungsdauer für die Bäder 20–30 Sekunden.

Fixage

Das Fixierbad hat die Aufgabe, das noch unveränderte Halogensilber, das nicht zum Negativaufbau gebraucht wurde, herauszulösen. Ist dieser Vorgang vollzogen, so kann das Negativ dem hellen Licht ausgesetzt werden.

Zum Fixieren werden für Infrarot-Materialien stets saure Fixierbäder verwendet. Sie sind haltbar und lösen die Sensibilisierungsfarbstoffe sicherer aus der Schicht heraus als ein neutrales Fixierbad. Infrarot-Platten und -Filme benötigen eine verhältnismäßig lange Fixierzeit. Bei frischen Bädern von 18° C kann im Durchschnitt mit einer Dauer von 6–10 Minuten gerechnet werden. Eine Bewegung zu Beginn des Fixierens ist ratsam. Die Fixierzeit verlängert sich bei niederen Temperaturen und nach längerer Gebrauchsdauer des Bades. Als ausgebraucht ist ein Fixierbad anzusehen, wenn in einem Liter 100 Platten 9x12 cm oder 15 Kleinbildfilme fixiert wurden. Eine weitere Verwendung des Bades würde leicht zu dichroitischen Schleier führen, besonders dann, wenn kein Unterbrecherbad verwendet wurde. Ein dichroitischer Schleier erscheint in der Durchsicht rotviolett oder gelblich und in der Aufsicht blaugrün schillernd.

Als Fixierbad eignen sich die im Handel befindlichen Gebrauchspackungen. Für den Selbstansatz ist folgendes Rezept zu empfehlen.

Agfa 301	Wasser	750 ml
	Natriumthiosulfat krist.	250 g
	Natriumbisulfit	15 g
	oder	
	Natriumbisulfitlauge	40 ml
	mit Wasser auffüllen bis	1 l

Natriumthiosulfat krist. geht unter starker Abkühlung in Lösung. Deshalb ist eine Auflösung in Wasser von 60–70° C sehr förderlich, anschließend muß das Fixierbad zum Gebrauch auf etwa 18° C temperiert werden.

Wässerung

Nach dem Fixieren erfolgt die Schlußwässerung. Sie wird vorteilhaft in fließendem Wasser vorgenommen und dauert dann 20–30 Minuten. Um zu vermeiden, daß aus der Wasserleitung Verunreinigungen (feinster Sand, Rostteilchen usw.) auf die Platten oder Filme gelangen, empfiehlt sich die Vorschaltung eines keramischen Filterkörpers. Wo dieser nicht zur Verfügung steht, tut ein vor den Leitungshahn gebundener Lederlappen die gleichen Dienste.

Trocknung

Platten werden so aufgestellt, daß das Wasser an einer Ecke abtropfen kann. Filme werden freihängend getrocknet. Der zum Trocknen dienende Raum muß staubfrei sein. In feuchtwarmen Räumen ohne Luftströmung können sich, besonders im Sommer, auf der Schicht Bakterienkulturen bilden. Sie hinterlassen dort dunkle oder helle Punkte. Wird eine schnellere Trocknung erforderlich, so kann die Raumtemperatur bis zu 30° C erhöht werden. Es muß dann aber für eine ausreichende Luftbewegung gesorgt werden.

Übersensibilisierung

Reicht in außergewöhnlichen Fällen die Empfindlichkeit des Infrarot-Materials nicht aus, so kann durch Übersensibilisierung ein Gewinn an Empfindlichkeit erzielt werden. Hier sollen zwei erprobte Verfahren genannt werden:

1. Nasse Übersensibilisierung

Vorratslösung:	1000 ml
Wasser, destilliert	80 g
Natriumkarbonat, kristallisiert	80 ml
Ammoniaklösung, konzentriert	

Zum Gebrauch ist die Vorratslösung im Verhältnis 1 + 40 mit tiefgekühltem Wasser zu verdünnen. Die Platten werden 10 Minuten bei 10–12° C in völliger Dunkelheit gebadet und danach mehrere Male mit frischem Methanol abgespült. Anschließend erfolgt die Trocknung im kalten Luftstrom eines Ventilators, der aber keine Funkenbildung zeigen darf, weil sonst durch Schleier der Erfolg in Frage gestellt wird. Die Trocknung ist nach 10–15 Minuten beendet. Auf diese Weise ist für die Infrarot-Plattensorten 700 bis 850 eine Empfindlichkeitssteigerung um den Faktor 2–4 zu erzielen, bei den Sorten 950 und 1050 eine solche bis zum Faktor 8. Eine Kornvergrößerung muß hierbei in Kauf genommen werden. Die übersensibilisierten Materialien sind nur 24 Stunden haltbar.

2. Trockne Übersensibilisierung

In einen Exsikkator oder, wo dieser nicht zur Verfügung steht, in ein größeres verschließbares Glasgefäß stellt man einen kleinen Behälter, in den einige Tropfen Quecksilber gegeben werden. Dann bringt man die geschlossene Plattenpackung oder den locker aufgewickelten Film, in schwarzem Papier verpackt, so in den Behälter, daß die sich entwickelnden Quecksilberdämpfe das Infrarot-Material gleichmäßig umströmen können. Die Dämpfe durchdringen das Papier und können auch auf die Platten einwirken, da durch eine sinnvolle Verpackung seitens der Fabrik zwischen den Schichtseiten der Platten ein kleiner Zwischenraum besteht. Der gleiche Vorgang vollzieht sich beim Film, wenn er in losen Windungen so eingepackt wird, wie es oben angegeben ist. Nach einer Aufbewahrung von 2-3 Tagen bei Zimmertemperatur wird eine ähnliche Empfindlichkeitssteigerung erzielt sein, wie sie bei der nassen Übersensibilisierung angegeben ist. Nach 2-6 Wochen klingt die gesteigerte Empfindlichkeit wieder ab. Mit der Übersensibilisierung ist ein Ansteigen des Grundschleiers verbunden. Aus diesem Grunde darf die Übersensibilisierung nicht zu weit ausgedehnt werden. Ein zu starker Schleier bedeutet aber keinen Empfindlichkeitsgewinn, da die durch die Aufnahme belichteten geringsten Schwärzungen dann im Schleier untergehen würden.

Es soll nicht versäumt werden, auf die Giftigkeit von Quecksilberdämpfen hinzuweisen. Quecksilber stets in verschlossenen Behältern aufbewahren und nichts verschütten!

AUFNAHMETECHNISCHE BELANGE

Kameras

Jede Kamera ist für Infrarot-Aufnahmen geeignet. Die Verwendbarkeit richtet sich jedoch nach dem erhältlichen Material. Kleinbildkameras können Anwendung finden, da der Agfa-Infrarapid-Film 750 in Kleinbildpatronen und als Meterware in 35 mm Breite erhältlich ist. Infrarot-Platten gibt es in den Formaten 6,5×9, 9×12, 13×18 und 18×24 cm. Infolgedessen lassen sich Klappkameras, Reise-, Atelier- und Reproduktionskameras ebenfalls für die Infrarot-Photographie einsetzen. Große Aufmerksamkeit muß man dem Kamerabalg schenken. Er kann für das sichtbare Licht durchaus zuverlässig sein, läßt aber in manchen Fällen Infrarot-Strahlung durch. In diesem Falle ist eine Verschleierung des Aufnahmematerials die unausbleibliche Folge. Auf Bestellung werden von der Filmfabrik Agfa auch Infrarot-Platten im Format 6×6 cm geliefert, wodurch die bekannten Spiegelreflexkameras, die mit einem Plattenadapter versehen sind, ebenfalls für Infrarot-Aufnahmen genommen werden können.

Objektive

Wenn es sich nicht gerade um „uralte“ Objektive handelt, so können praktisch alle Photo-Objektive für die Infrarot-Photographie angewendet werden. Da aber fast alle Objektive nicht für infrarote Strahlen korrigiert sind, ist der Scharfeinstellung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Diese soll daher noch gesondert besprochen werden.

Wir haben gesehen, wie ein weißer Lichtstrahl durch ein Prisma in Licht verschiedener Wellenlängen zerlegt wird. Bei einer Linse liegen die Verhältnisse ähnlich. Fällt ein Lichtstrahl durch eine Linse, so erhalten wir auf der optischen Hauptachse nicht nur einen Brennpunkt, sondern je nach der Brechbarkeit mehrere. Der Linse am nächsten liegt der Brennpunkt für Blau, dann folgen Gelb und Rot und schließlich Infrarot. Infrarot hat also die größte Brennweite. Objektive sind aber ein System von Linsen, und zwar sind sie so kombiniert, daß der Brennpunkt für das sichtbare Licht praktisch in einem Punkt zusammenfällt. Es besteht dann

keine Differenz mehr zwischen blauen, gelben und roten Strahlen. In manchen Fällen liegt der Brennpunkt für Infrarot so nahe, daß eine Korrektur bei Infrarot-Aufnahmen nicht mehr erforderlich ist. Einige optische Firmen sind dazu übergegangen, an ihren Objektiven einen Einstellpunkt für Infrarot anzubringen, der uns der Sorge um die Scharfeinstellung enthebt. In anderen Fällen ist es zu empfehlen, durch Vergleichsaufnahmen das Objektiv für Infrarot-Aufnahmen zu eichen.

In der Mikrophotographie liegen die Verhältnisse ähnlich. VEB Carl Zeiß, Jena, gibt an, daß alle Zeiß-Mikroskop-Objektive für die Infrarot-Photographie zu verwenden sind, wenn die Fokusdifferenz bei der Einstellung ohne Infrarot-Filter gegenüber der Belichtung mit Filter berücksichtigt wird.

Objektive ohne Fokusdifferenz sind die Spiegelobjektive, analog den Spiegelteleskopen der Astronomen aus Wölb- und Hohlspiegeln zusammengesetzte Systeme. Da bei der Spiegelung keine Zerlegung des weißen Lichtes in seine farbigen Komponenten stattfindet, kann auch keine Fokusdifferenz auftreten. Man kann nach Einstellung bei einer beliebigen Wellenlänge des sichtbaren Bereichs mit scharfer Abbildung auch im unsichtbaren Spektralbereich, also Infrarot und Ultraviolett, rechnen. Voraussetzung ist jedoch, daß die für das Objektiv verwendeten Spiegel Oberflächenspiegel sind, deren Spiegelbeläge im unsichtbaren Spektralbereich nicht absorbieren (1).

Die „Bestimmung der Schnittweite“ und der Brennweite photographischer Objektive für Ultrarot“ behandelt Naumann in mehreren Arbeiten (2, 3, 4). Er stellt fest, daß für nicht allzu extremes Infrarot – etwa um 800 m μ , herum – die Schnittweitenverlängerung einige Promille bis zu einem Prozent der Brennweite beträgt, während die Brennweitenverlängerung meist etwas kleiner ist; gelegentlich gibt es Objektive, für die einer der Werte praktisch Null ist. Das kann bei sorgfältig achromatisierten Systemen dank ihrer Linsen aus Kurzflint der Fall sein. Systeme gleichen äußerlichen Aufbaues, aber verschiedener Herkunft, bestehen oft auch aus anderen Glasarten und haben dann gänzlich andere Werte.

¹ Unter Schnittweite versteht man den Luftabstand der letzten Linsenfläche vom Brennpunkt bzw. von der senkrecht zur optischen Achse stehenden Bildebene.

Einstellung und Blende

Gegenüber einer Einstellung im sichtbaren Gebiet bestehen für das Infrarot Differenzen, da die meisten Objektive für Infrarot nicht korrigiert sind. Diese Fokusdifferenz wird mit zunehmender Wellenlänge etwas größer. Je nach dem Empfindlichkeitsmaximum des verwendeten Materials bestehen also kleine Unterschiede, die bei der Scharfeinstellung zur Aufnahme unter Umständen berücksichtigt werden müssen.

Mit Kameras, die eine Scharfeinstellung nach der Mattscheibe gestatten, kann man für die genannten Infrarot-Materialien auf folgende Weise zu guter Schärfe kommen: Zunächst wird normal eingestellt. Sodann setzt man das für die Aufnahme bestimmte Filter vor das Objektiv und stellt die Schärfe nach, wobei eine Verlängerung des Auszuges zu beobachten sein muß. Diese Nacheinstellung ist jedoch nur bei hellen Aufnahmeobjekten und verhältnismäßig hellen Rotfiltern möglich.

Handelt es sich um ein weniger helles Aufnahmeobjekt, oder ist das für die Aufnahme bestimmte Filter sehr dunkel, dann kann annähernd richtige Schärfe erzielt werden, wenn mit einem hellen Rotfilter eingestellt wird, welches zur Aufnahme gegen das erforderliche dunklere Filter ausgetauscht wird.

In den genannten Fällen ist es gut, wenn nach der Einstellung, die mit größter Blende vorgenommen wird, die Blende zur Aufnahme um zwei bis drei Intervalle kleiner eingestellt wird.

Die Optischen Werke Ernst Leitz GmbH, Wetzlar, haben an den von ihnen hergestellten Objektiven neben der Haupteinstellmarke, dem In-

Abb. 22. Leitz Summicron, mit der Markierung „R“ neben der Haupteinstellmarke Δ .

² Veröffentlichung mit freil. Genehmigung der Fa. Ernst Leitz GmbH, Optische Werke, Wetzlar.



dex für die Entfernung, noch eine zweite Marke mit der Markierung „R“ angebracht (s. Abb. 22). Bei Verwendung der heute gebräuchlichen Infrarot-Kleinbildfilme wird für Aufnahmen mit Unendlicheinstellung statt auf die Haupteinstellmerke „▲“ auf den Punkt „R“ eingestellt. Er enthebt uns der Sorge um die Schärfe.

An anderen Markenobjektiven befindet sich für Infrarot-Aufnahmen keine Markierung, auf die eingestellt werden könnte, da die Infrarot-Photographie bisher nur in kleinem Umfange ausgeübt wurde.

Die Firmen geben aber auf Anfrage die Abweichungen bekannt, die man sich selbst am Objektiv anbringen kann. Es bestehen verschiedene Möglichkeiten:

- a) Die Abweichung des Index ist auf dem Umfang des Objektivs in mm aufzutragen, je nach der Bauart nach links oder rechts;
- b) die gleiche Differenz ist auf dem Umfang der Entfernungsskala abzutragen;
- c) der Auszug verlängert sich um die aufgeführte Differenz;
- d) die angegebenen Verstellwerte der Entfernungsskala sind statt ∞ zu verwenden.

In allen Fällen muß sich eine Auszugsverlängerung ergeben. Die nachstehenden Firmen stellten folgende Werte für ihre Objektive bei Aufnahmen mit Unendlicheinstellung und Infrarot-Material mit einem Empfindlichkeitsmaximum von 740 bis 800 $m\mu$ zur Verfügung:

VEB Feinoptisches Werk Görlitz, Meyer-Optik:

		zu a) Abweichung in mm	zu b) Abweichung in mm	zu c) Abweichung in mm	zu d) Verstell- wert
Helioplan	1:4,5 40	+ 6,2	-- 6,2		11 m
Primoplan	1:1,9 58	+ 3,8	-- 3,8		19 m
Trioplan	1:2,8 100	+ 4,0	-- 4,0		32,5 m
Telemegor	1:5,5 150	+ 12,2	+ 12,2		25 m
Telemegor	1:5,5 180	+ 12,6	+ 12,6		23,5 m
Telemegor	1:5,5 250	+ 10,2	+ 10,2		42 m
Telemegor	1:5,5 400	+ 18,3	+ 18,3		65 m

	zu a) Abweichung in mm	zu b) Abweichung in mm	zu c) Abweichung in mm	zu d) Verstell- wert
Optische Werke G. Rodenstock, München und Regensburg:				
Heligon	1:2 50		+ 0,10	25 m
Heligon C	1:4 80		+ 0,30	20 m
Heligon C	1:5,6 35		+ 0,15	9 m
Trinar	1:3,5 45		+ 0,15	15 m
Trinar	1:3,5 50		+ 0,10	25 m
Ysar	1:3,5 50		+ 0,10	20 m
Yronar	1:3,5 135		+ 0,50	35 m

Optische Werke Jos. Schneider & Co., Kreuznach (Rhld.):

Xenagon	1:3,5 30	+ 0,10	10 m
Xenagon	1:2,8 35	+ 0,07	20 m
Xenagon	1:3,5 35	+ 0,13	10 m
Nenar	1:2,8 38	+ 0,12	15 m
Nenon	1:1,9 40	+ 0,10	15 m
Xenon	1:4,5 40	+ 0,14	10 m
Nenar	1:2,8 45	+ 0,11	20 m
Radionar	1:3,5 45	--	15 m
Nenon	1:1,9 50	+ 0,10	25 m
Nenon	1:2 50	+ 0,17	15 m
Nenar	1:2,8 50	+ 0,12	20 m
Nenar	1:3,5 50	+ 0,20	10 m
Nenar	1:3,5 75	+ 0,40	15 m
Tele-Xenar	1:3,8 75	+ 0,30	20 m
Radionar	1:4,5 75	--	10 m
Tele-Xenar	1:3,5 90	+ 0,40	20 m
Tele-Xenar	1:4 135	+ 0,35	35 m
Xenar	1:4,5 150	+ 0,60	40 m
Tele-Xenar	1:4,5 150	+ 0,70	35 m
Tele-Xenar	1:5,5 150	+ 0,65	35 m
Tele-Xenar	1:5,5 180	+ 0,75	50 m
Tele-Xenar	1:5,5 360	+ 2,50	50 m

Optische Werke C. A. Steinheil Söhne GmbH, München:

Orthostigmat	1:4,5 35	+ 0,13
Quinon	1:2 50	+ 0,07
Culminar	1:2,8 85	+ 0,16
Quinar	1:2,8 135	+ 0,12
Culminar	1:4,5 135	+ 0,60
Tele-Quinar	1:4,5 200	+ 0,70

	zu a) Abweichung in mm	zu b) Abweichung in mm	zu c) Abweichung in mm	zu d) Verstell- wert
VEB Carl Zeiß, Jena:				
Flektogon	1:2,8 35			9 m
Tessar	1:4,5 40			11 m
Tessar	1:2,8 50			12,5 m
Tessar	1:3,5 50			14 m
Biotar	1:2 58			20 m
Biotar	1:1,5 75			27 m
Triotar	1:4 135			39 m
Sonnar	1:2,8 180			47,5 m
Sonnar	1:4 300			74 m
Zeiß-Fernobjektiv	1:8 500			186 m

Wie sich die Einstellungen auf kürzere Entfernungen gegenüber der Unendlichkeits-Einstellung verändern, zeigen die folgenden Beispiele von Meyer-Objektiven, wobei die Tabelle I die Abweichung in mm vom Index für eine bestimmte Meterzahl angibt.

Die Tabelle II dagegen enthält die Werte, die vorteilhaft auf der Meter-skala des Objektivs in mm abgetragen werden, wenn statt des Index für sichtbares Licht der Infrarotpunkt für unendlich schon festgelegt ist.

I		II	
Abweichung in mm gegenüber dem Index		Abweichung in mm gegenüber dem Infrarotpunkt Unendlich	
Meyer Primoplan 1:1,9 58			
für	∞	3,8	
	12,0 m	3,8	für 12,0 m
	8,0 m	3,8	—
	4,0 m	3,9	8,0 m
	2,6 m	4,0	4,0 m
	2,0 m	4,1	0,1
	1,6 m	4,2	0,2
	1,0 m	4,4	2,0 m
	0,8 m	4,6	0,3
			1,6 m
			0,4
			1,0 m
			0,6
			0,8 m
			0,8
Meyer Telemegor 1:5,5 250			
für	∞	10,2	
	30 m	10,3	für 30 m
	15 m	10,4	0,1
	10 m	10,6	15 m
	6 m	11,2	0,2
	4 m	12,7	10 m
	3 m	14,2	0,4
			6 m
			1,0
			4 m
			2,5
			3 m
			4,0

Für das Heligon 1:2/50 geben die Optischen Werke G. Rodenstock bei Infrarot-Einstellungen für kürzere Entfernungen folgende Werte an:

Einstellung bei sichtbarem Licht:	Einstellung im Infrarot:
∞	25 m
20 m	9,5 m
15 m	8,2 m
12 m	7,2 m
10 m	6,4 m
9 m	6,0 m
7 m	5,0 m
6 m	4,5 m
4 m	3,2 m
3 m	2,5 m
2 m	1,75 m
1 m	0,9 m

Zur Frage des Abblendens ist zu sagen, daß im Interesse der Verkürzung der Belichtungszeit nur mit großen bis mittleren Blenden gearbeitet werden sollte. An kleineren Blenden führt das langwellige Rot außerdem zu stärkerer Beugung.

Aufnahmefilter

Filter wurden bisher schon mehrfach erwähnt. Für die Infrarot-Photographie sind sie praktisch unerlässlich, und wir müssen uns daher mit den Aufnahmefiltern befassen. Filter haben die Eigenschaft, in erster Linie die Strahlen der eigenen Farbe passieren zu lassen. In der Infrarot-Photographie kommen, wie wir schon aus den früheren Abschnitten erschen haben, nur die Infrarot-Strahlen selbst oder notfalls noch die langen Wellen des sichtbaren Lichtes in Betracht. Infolgedessen können für Infrarot-Aufnahmematerialien auch nur rote Filter verschiedener Färbung und Dichte zur Verwendung kommen. Es gibt noch die als Schwarzfilter bezeichneten Sorten. Bei ihnen handelt es sich um Filter von tieferer Färbung. Sie sind für das Auge kaum oder gar nicht mehr durchsichtig. Es ist zu beachten, daß das zur Anwendung kommende Filter so auf das Objektiv aufgesetzt wird, daß ein seitliches Eindringen von sichtbarem Licht unmöglich ist. Seitlich eintretendes Licht kann durch Spiegelung zwischen der Vorderfläche des Objektivs und dem Filter das Aufnahmegergebnis in Frage stellen.

Unter dem Abschnitt Infrarot-Materialien haben wir gesehen, für welche Wellenlängen bestimmte Infrarot-Sorten empfindlich sind. Wir haben das Maximum der einzelnen Sorten ermittelt und müssen nun, wenn wir Filter verwenden wollen, auch wissen, welche Wellenlängen vom Aufnahmefilter absorbiert bzw. durchgelassen werden. Erst wenn man das genau weiß, kann das für die Infrarot-Aufnahme richtige Filter ausgewählt werden. Für die Auswahl der Filter können Durchlässigkeitskurven dienen. Die herstellenden Firmen haben in Listen entsprechendes Kurvenmaterial veröffentlicht.

Vom VEB Filmfabrik Agfa Wolfen werden Filter in nachstehenden Abmessungen geliefert. Sie bestehen aus zwei plangeschliffenen, gekitteten Spiegelglasscheiben, von denen die eine auf einer Seite mit gefärbter Gelatinelösung begossen wurde.

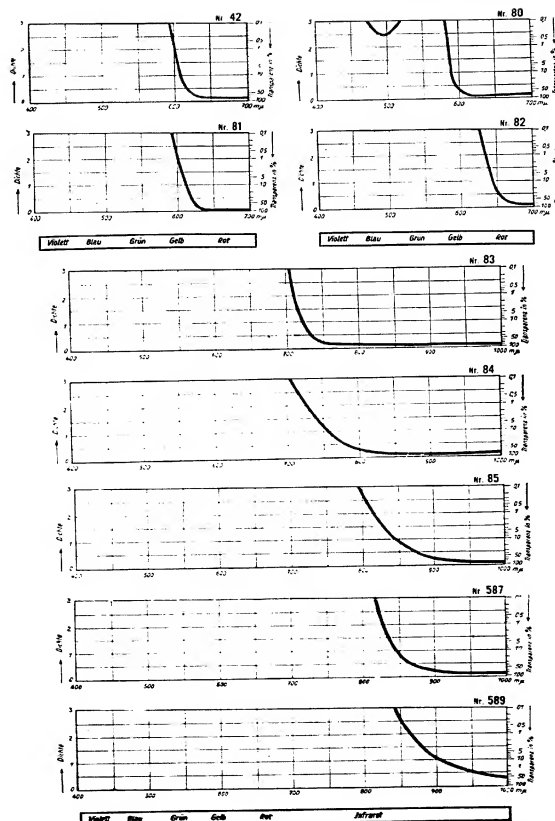
Quadratische Filter	30 x 30 mm	Runde Filter \varnothing	18,19 mm
	40 x 40 mm		25,26 mm
	45 x 45 mm		30,31 mm
	60 x 60 mm		39,40 mm

In Betracht kommen für die Infrarot-Photographie folgende Filter:

Agfa-Filter Nr.	Filter-Farbe	Ausschaltung aller Strahlen unterhalb
42	Rot	600 m μ
80	Hellrot	580 m μ
81	Rot	600 m μ
82	Dunkelrot	630 m μ
83	Schwarz	710 m μ
84	Schwarz	730 m μ
85	Schwarz	820 m μ
587	Schwarz	830 m μ
589	Schwarz	870 m μ

Die nebenstehenden Abbildungen, mit freundlicher Genehmigung des VEB Filmfabrik Agfa Wolfen übernommen, zeigen den Kurvenverlauf der Agfa-Lichtfilter. Der dunkle Teil gibt das Gebiet der Strahlen an, die vom Filter absorbiert werden, der helle Teil dagegen das Gebiet, in dem das Filter die Strahlen durchläßt.

Abb. 23-31. Dichtekurven von Agfa-Lichtfiltern, die für Infrarot-Aufnahmen geeignet sind.



Von den Filtergläsern des VEB Glaswerk Schott u. Gen., Jena, eignen sich ebenfalls eine ganze Reihe von Filtern, die hier genannt werden sollen:

Jenaer Filter Nr.	Farbe	Ausschaltung aller Strahlen unterhalb
RG 1	helles Rot	600 m μ
RG 2	reines Rot	610 m μ
RG 5	dunkles Rot	660 m μ
RG 7	tiefstes Rot	850 m μ
RG 8	sehr dunkles Rot	680 m μ
RG 9	tiefes Rot	720 m μ
RG 10	tiefes Rot	750 m μ
UG 8	tiefstes Rot	900 m μ

Die nebenstehenden Abbildungen wurden mit freundlicher Genehmigung des VEB Optik, Jenaer Glaswerk Schott u. Gen., Jena, der Liste Schott 42-8040-1 entnommen.

Zur Wahl des Aufnahmefilters müssen wir uns die Spektren der Abb. 7 bis 18 noch einmal betrachten. Wir erkennen, für welche Wellenlängen die einzelnen Sorten empfindlich sind. Bei den Filtern haben wir die Angaben, welche Wellenlängen durchgelassen werden. Naturgemäß kann für das zur Verwendung kommende Infrarot-Material auch nur ein solches Filter gewählt werden, das Strahlen innerhalb dieses Empfindlichkeitsbereiches durchläßt. Z. B. ist die Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid für den Bereich von 700 bis 855 m μ empfindlich. Infolgedessen kann sie nur mit einem Filter kombiniert werden, das die Strahlen unterhalb 700 m μ ausschaltet. Soll aber nur ein enger, begrenzter Bereich wirksam werden, so wird man ein Filter wählen müssen, das die Strahlen etwas unterhalb des Maximums ausschließt, in diesem Falle ein Filter, das alle Strahlen unter 810 m μ absorbiert. Käme ein Filter zur Anwendung, das alle Strahlen bis zu 860 m μ abschneidet, so würde selbst die längste Belichtung zu keinem Resultat mehr führen. Nehmen wir noch den sehr gebräuchlichen Agfa-Infrarapid-Film 750 als Beispiel: Empfindlichkeitsbereich 630 bis 805 m. Verwendbare Filter solche, die alle Strahlen unterhalb 630 m ausschalten. Mit Filtern, die alle Strahlen unterhalb 805 m abschneiden, würde in diesem Falle keine Belichtung mehr zu erzielen sein. Die Belichtung ist in der Infrarot-Photographie

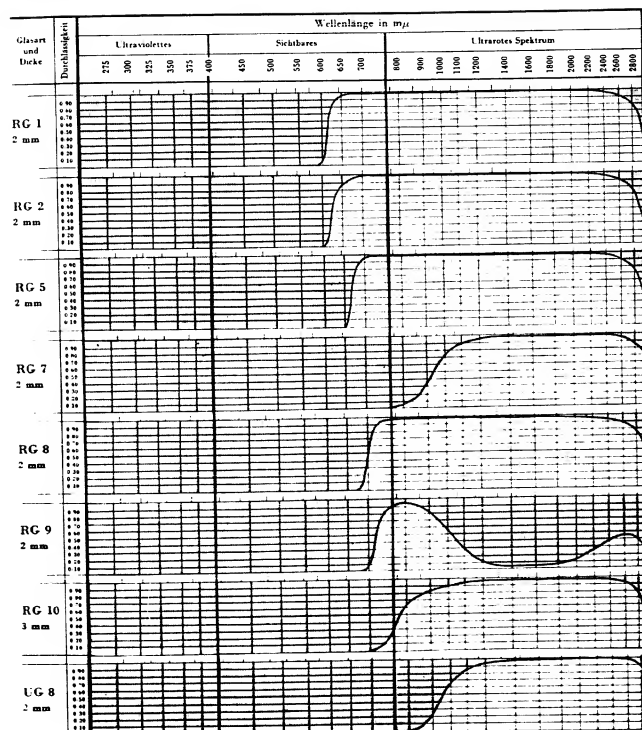


Abb. 32-39. Durchlässigkeitskurven von Schott-Filtern, die für Infrarot-Aufnahmen geeignet sind.

aber ein Faktor von hoher Wichtigkeit, dem wir unsere besondere Beachtung schenken müssen.

Belichtung

Filter verlängern stets die Belichtungszeit. Sie verlängert sich um so mehr, je dunkler und je dichter ein Filter ist. Da wir kein Maß für die Empfindlichkeit von Infrarot-Materialien haben (s. S. 21), sind wir auf vergleichende Werte, ausgehend von einem gewöhnlichen Aufnahmematerial mit bekannter Empfindlichkeit, angewiesen.

Aber die Belichtungszeit verlängert sich nicht nur durch die Filter, sondern auch mit der Sensibilisierung des Infrarot-Materials, und zwar muß länger belichtet werden, je weiter das Empfindlichkeitsmaximum im langwelligen Gebiet des Infrarot liegt. (Eine Ausnahme bildet durch seine besondere Empfindlichkeit der Agfa-Infrarapid-Film 750.)

Dazu kann noch eine Belichtungsverlängerung kommen, die sich aus den Besonderheiten des Motivs ergibt, etwa dem Durchdringen von Dunstschichten oder Nebel.

Allerdings können sehr dichter Nebel oder gar Wolken selbst bei längster Belichtungszeit nicht durchdrungen werden. Dies muß betont werden, da in dieser Hinsicht übertriebene Vorstellungen bestehen. Unter dem Abschnitt „Aus der Praxis“ werden noch Beispiele zur Erläuterung besprochen (s. S. 78 bis 82).

Soll die Belichtungszeit durch einen Belichtungsmesser ermittelt werden, dann kann als Anhalt bei niederen bis mittleren Werten der angegebenen Verlängerungsfaktoren der Aufstellung auf Seite 47 mit einer DIN-Zahl nach folgender Tabelle gerechnet werden.

Verlängerungsfaktor	DIN-Zahl
2	15/10
4	12/10
6	10/10
10	8/10
16	6/10
20	5/10
32	3/10

Verlängerungsfaktoren für Agfa-Infrarot-Materialien:

a) Für Aufnahmen mit Filter bei klarem Wetter mit Sonnenschein gelten gegenüber einem orthochromatischen Aufnahmematerial von 18/10° DIN ohne Filter folgende Verlängerungsfaktoren:

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Platten Rapid				Agfa-Infrarapid-Film
	700	750	800	850	750
Agfa 42	10	10	20	60	2
Agfa 80	10	10	20	60	2
Agfa 81	10	10	20	60	2
Agfa 82	10	10	20	60	4
Agfa 83	—	20	30	30	8
Agfa 84	—	20	30	30	8
Agfa 85	—	—	—	400	—
Schott RG 1	6	6	16	50	1,6
Schott RG 2	6	6	16	50	1,6
Schott RG 5	6	6	20	50	2
Schott RG 8	6	6	20	50	1,6
Schott RG 9	—	6	20	50	4
Schott RG 10	—	—	30	60	8

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Platten Hart			
	700	750	800	850
Agfa 42	15	15	30	60
Agfa 80	15	15	30	60
Agfa 81	15	15	30	60
Agfa 82	15	15	30	60
Agfa 83	—	30	60	60
Agfa 84	—	30	60	60
Agfa 85	—	—	—	400
Schott RG 1	12	12	20	40
Schott RG 2	12	12	20	40
Schott RG 5	12	12	30	40
Schott RG 8	12	12	30	40
Schott RG 9	—	12	30	40
Schott RG 10	—	—	30	40

Filter Nr.	Agfa Infrarot-Sonderplatten	
	950	1050
Agfa 587	1000	10000
Agfa 589	2000	20000
Schott RG 7	1500	10000
Schott UG 8	2000	20000

b) Für Aufnahmen mit Filter bei dem Licht von Nitraphotlampen:
Verlängerungsfaktoren:

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Platten Rapid				Agfa-Infrarapid-Film 750
	700	750	800	850	
Agfa 42	5	10	10	25	2
Agfa 80	5	10	10	25	2
Agfa 81	5	10	10	25	2
Agfa 82	5	10	10	25	2
Agfa 83	—	15	15	25	5
Agfa 84	—	15	10	20	5
Agfa 85	—	—	—	100	—
Schott RG 1	4	6	6	15	2
Schott RG 2	4	6	6	15	2
Schott RG 5	4	6	6	15	2
Schott RG 6	4	6	6	15	2
Schott RG 9	—	6	6	15	4
Schott RG 10	—	—	10	25	8

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Platten Hart			
	700	750	800	850
Agfa 42	5	10	10	25
Agfa 80	5	10	10	25
Agfa 81	5	10	10	25
Agfa 82	5	10	10	25
Agfa 83	—	10	10	20
Agfa 84	—	10	10	25
Agfa 85	—	—	—	100
Schott RG 1	6	8	8	20
Schott RG 2	6	8	8	20
Schott RG 3	6	8	8	20
Schott RG 5	6	8	8	20
Schott RG 8	6	8	8	20
Schott RG 9	—	8	8	20
Schott RG 10	—	—	12	36

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Sonderplatten	
	950	1050
Agfa 587	500	1000
Agfa 589	800	2000
Schott RG 7	500	1000
Schott UG 8	800	2000

Für Blitzlampen und Blitzröhren rechnet man heute allgemein mit Leitzahlen, die, richtig angewendet, zu guten Ergebnissen führen.

Die Belichtung einer Aufnahme ist dabei abhängig von der Empfindlichkeit des Aufnahmемaterials, der verwendeten Blende und von der Entfernung des Blitzes vom Objekt.

Die Hersteller von Blitzlampen und Blitzröhren nennen für normales Aufnahmемaterial die Leitzahl, wobei die Beziehung gilt: Leitzahl = Blendenzahl \times Entfernung Blitz-Objekt in Metern.

Für Infrarot-Film können wir diese Leitzahlen nicht einfach umrechnen, da der Anteil an Infrarot-Strahlung bei den einzelnen Blitzten sehr unterschiedlich ist. Deshalb wurden Leitzahlen für den Agfa-Infrarapid-Film 750 mit einigen Blitzlampen und Blitzröhren ermittelt.

Mit diesen Leitzahlen können wir die möglichen Grenzen der Aufnahmebedingungen leicht feststellen:

a) Welche Entfernung ist zwischen Blitz und Objekt noch zulässig? Leitzahl dividiert durch Blendenzahl (z. B. Leitzahl 24: Blende 8 = 3 m).

b) Welche Blende ist bei gegebener Entfernung erforderlich? Leitzahl dividiert durch Entfernung in Metern (z. B. Leitzahl 24: 6 m = Blende 4).

Ermittelte Leitzahlen mit Blitzlampen des VEB Elektrotechnik, Eisenach, in Verbindung mit Agfa-Infrarapid-Film 750:

Lampentyp	Agfa-Filter Nr. 42	Agfa-Filter Nr. 83	Agfa-Filter Nr. 84
RFT DF 70 ungefärbt	33	31	20
RFT DF 20 ungefärbt	24	18	12
RFT F 20 ungefärbt	24	18	12
RFT DF 40 ungefärbt	15	12	8
RFT F 40 ungefärbt	12	9	6
RFT DF 70b ^a	30	24	15
RFT DF 20b ^a	20	17	10
RFT F 20b ^a	20	17	10

Leitzahlen für einige Röhrenblitzgeräte für Agfa-Infrarapid-Film 750:

B 70	VEB (K) Elektronik, Plauen (Vogtl.)	Blitzröhre XB 104	Fa. DGL Preßler, Leipzig
B 140		Blitzröhre XB 103	

M 30 = Mecablitz 30 } Metz, Apparatefabrik, Fürth

M 45 = Mecablitz 45 }

Blitzgerät	Agfa-Filter	
	Nr. 42	Nr. 83
B 70	6	8
B 140	8	10
M 30	10	12
M 45	15	16

* mit blau gefärbtem Kolben, dem Tageslicht entsprechend.

AUS DER PRAXIS

Bildmäßige Infrarot-Aufnahmen

Das Lichtbild als Ausdrucksmittel zur Darstellung besonderer Schönheiten ist in der Schwarz-Weiß-Photographie schon seit langem Allgemeingut geworden. Die dafür zur Verfügung stehenden Materialien haben in den letzten Jahrzehnten, besonders durch die Einführung der panchromatischen Schichten, dazu beigetragen, daß die Photographie für diesen Zweck eine weite Verbreitung fand. Ein Mittel zur Effektsteigerung im Bilde wurde außerdem durch die Vielzahl der Aufnahmefilter gegeben. Diese Dinge in der Hand des Photographen, gleichgültig ob er die Photographie beruflich oder aus Liebhaberei ausübt, lassen bei überlegter Anwendung Bilder von starker Wirkung entstehen.

Wie auf allen Gebieten, geht aber die Entwicklung auch in der Photographie stetig weiter. Der Photograph sucht nach immer neuen Mitteln, um seinen Lichtbildern ein besonderes Aussehen zu verleihen.

Es gibt Motive, die selbst bei der besten Beleuchtung und guter Auffassung zur Erzielung richtiger Linienführung eben doch nicht so zur Wirkung kommen, wie es sich der Bildautor vorstellt. Durch die Infrarot-Photographie hat er aber für besondere Fälle ein Mittel in der Hand, doch zum Ziel zu kommen. Zugegeben, daß die Grauwerte in ihrer Tonabstufung dadurch starke Verschiebungen erleiden. Es kommt aber immer ganz darauf an, was bei der Wiedergabe erzielt werden soll.

Im allgemeinen wird sich die Infrarot-Photographie zur Steigerung von Effekten vorwiegend für Landschafts- und Architekturaufnahmen eignen. Voraussetzung dafür ist die Anwendung eines Rot- oder Schwarzfilters. Für diese Fälle müssen wir uns einprägen, wie die Farben im Positiv wiedergegeben werden, d. h., welche Farben in ihren Grauwerten hell und welche dunkel erscheinen.

1. Das Blattgrün kommt im Bilde ziemlich hell.
2. Das Grün von Nadelbäumen wird auch heller als sonst wiedergegeben, jedoch nicht so hell wie Blattgrün.
3. Ein klarer blauer Himmel im Mitlicht aufgenommen, erscheint sehr dunkel, wenn nicht gar schwarz.
4. Weiße Wolken heben sich bei blauem Himmel stark ab.

50

5. Im Gegenlicht wird der blaue Himmel nicht so dunkel.
6. Grauer Himmel wird in der Regel verhältnismäßig hell.
7. Die „warmen“ Farben Gelb bis Rot werden stets hell abgebildet.
8. Schattenpartien der Motive werden immer sehr dunkel.

Werden diese Punkte bei einer Aufnahme beachtet, so hat man schon eine Vorstellung, wie das Ergebnis ausfallen wird. An einigen Bildbeispielen wollen wir die gewonnenen Erkenntnisse besprechen:

In einem ganz einfachen Vorwurf (Abb. 40) verstand es der Bildautor durch geeignete Linienführung und guten Bildaufbau, eine schöne Komposition zu schaffen. Gesteigert wird die Wirkung des Bildes durch die leuchtend weißen Wolken am tiefdunklen Himmel und durch das helle Laub der Obstbäume im Garten.



Abb. 40. Agfa - Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 81 · Blende 8 · 1/50 Sek.

Aufnahme: Günther Schlag

51



Abb. 41. Agfa-Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 5,6 · $\frac{1}{100}$ Sek.
Aufnahme: Siegfried Buchberger

Ein besonders wirkungsvoller Effekt wurde mit Hilfe der Infrarot-Photographie bei unserem nächsten Bildbeispiel erzielt (Abb. 41), das den Eindruck einer Bühnendekoration erweckt. Bei Infrarotaufnahmen wird die Ferne allgemein sehr nahe gerückt, da die Ferne nie im Dunst verschwimmt. Deshalb ist es erforderlich, durch eine Betonung des Vordergrundes das Bild richtig aufzubauen. Hier sind es das Gestrüpp, das sich durch seine Infrarot-Reflexion hell gegen den dunklen Schiffsrumpf abhebt, und die in das obere Bildfeld ragenden Baumteile. Das hell gekommene Laub und der dunkle Himmel mit den ziehenden Wolken vollenden die Stimmung des Bildes.

Zwei weitere Beispiele sollen zeigen, wie Infrarot-Aufnahmen an der See ausfallen können (Abb. 42 und 43). Es ist zu bedenken, daß man leicht Gefahr läuft, die See zu dunkel wiederzugeben, da sich das Blau

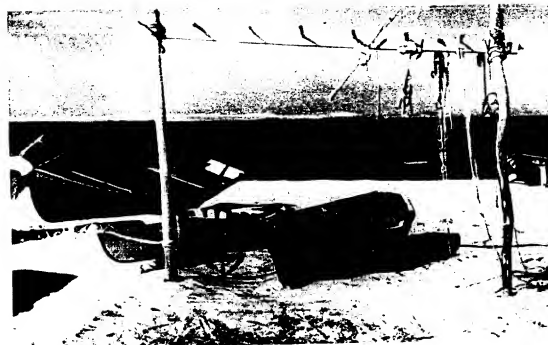


Abb. 42. Agfa-Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8 · $\frac{1}{100}$ Sek.
Aufnahme: Günther Schlag

des Himmels im Wasser spiegelt. Wir wissen ja schon, daß das Blau des Himmels bei Mitlichtaufnahmen sehr dunkel wird, anders kann es dann bei dem Wasser auch nicht sein. Wir erfuhren aber auch schon, daß die Schatten bei Infrarot-Aufnahmen sehr dunkel werden. Diese Eigenschaft kommt uns bei den Aufnahmen an der See zu Hilfe, denn meistens fehlt es bei solchen Motiven an Kontrasten. Das erste Beispiel (Abb. 42) läßt erkennen, wie hier die Schatten zur Bildwirkung beitragen. Gegen die dunkle See und den dunklen Himmel aber hebt sich das den Fischern zum Trocknen der Netze dienende Gerüst deutlich ab und der schmale helle Streifen der Küste gibt dem Bild einen besonderen Reiz.

Weicht nicht das zweite Strandmotiv (Abb. 43) in seiner Erscheinung stark von sonstigen derartigen Aufnahmen ab? Diese eigenartige Wirkung konnte nur mit Infrarot-Material erzielt werden, da das Wasser



Abb. 43. Agfa-Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 81 · Blende 11 · $\frac{1}{25}$ Sek.

Aufnahme: Günther Schlag

dunkel wurde, der Himmel ebenfalls, bis auf die weißen Wolken. Die Bewachung des Strandes mußte hell erscheinen, da sie das Infrarot eben stark reflektiert. Die Ursache hierfür besprechen wir später (Seite 70 bis 72).

Bei der folgenden Infrarot-Aufnahme (Abb. 44) könnte man annehmen, es handle sich um die Reproduktion des Gemäldes eines „alten Meisters“. Eine solche Wirkung übt das Bild auf uns aus. Im Gegensatz zu den vorhergehenden Aufnahmen schien hier keine Sonne. Deshalb fehlen auch Gegensätze. Es sind keine großen Kontraste entstanden. Infrarot-Aufnahmen ohne Sonne führen also zu ganz anderen Ergebnissen. Wie wir sehen, lohnt es sich aber durchaus, auch unter solchen Bedingungen Aufnahmen durchzuführen.



Abb. 44. Agfa-Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 81 · Blende 11 · $\frac{1}{10}$ Sek.

Aufnahme: Günther Schlag

Mondlichteffekt-Aufnahmen

Ein lohnendes Gebiet der Infrarot-Photographie sind Mondlichteffekt-Aufnahmen. Da es sich hierbei um eine Täuschung handelt, sei vorweggenommen, daß für derartige Aufnahmen heller Sonnenschein erforderlich ist. Die Jahreszeit spielt keine Rolle, wohl aber der Himmel, denn dieser muß möglichst wolkenlos sein. Je blauer dann der Himmel bei der Aufnahme ist, desto besser wird das Ergebnis ausfallen. Die Zusammenhänge für den Ausfall solcher Aufnahmen sind folgende: Das Blau des Himmels erscheint durch sein geringes Reflexionsvermögen für Infrarot-Strahlen und durch die Verwendung eines Rotfilters im Bilde sehr dunkel. Aus den früheren Abschnitten haben wir ersehen, daß durch ein Rotfilter die Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers der Infrarotschichten ausgeschaltet wird. Ist Laub im Motiv vorhanden, so wird dieses im Positiv sehr hell wiedergegeben, da durch den Chloro-

Abb. 45. Agfa-Infrarot-
Platte 800 Rapid · Agfa-
Filter Nr. 81 · Blende
12,5 · $\frac{1}{2}$ Sek.



phylleffekt (s. S. 70 bis 72) Infrarotstrahlen stark reflektiert werden und infolgedessen im Negativ an diesen Stellen eine intensive Belichtung stattfindet. Wir gewinnen dadurch den Eindruck von Mondbeleuchtung, denn in hellen Mondnächten erscheint dem Auge das Laub ja auch viel heller als der nächtliche Himmel.

Vielfach werden im Motiv Schlagschatten vorhanden sein, da die Aufnahmen ja bei Sonnenlicht entstehen. Diese Schlagschatten betonen den Eindruck von Mondlicht, zumal sie allgemein in dunklen Teilen des Bildes liegen werden. Weiße Wände oder andere helle Gegenstände sind für Mondlichteffekt-Aufnahmen sehr geeignet, wenn sie dem Motiv so eingefügt werden, daß sie zu der Stimmung von Mondschein passen. An einigen Motiven wollen wir diese Dinge eingehender besprechen. Es wurde schon gesagt, daß zur Erzielung guter Mondlichteffekte blauer

Abb. 46. Agfa-Isopan-
Film, ohne Filter
Blende 12,5 · $\frac{1}{2}$ Sek.
Aufnahmen (2)
des Verfassers



Himmel notwendig ist. Fehlt dieser, so erhalten wir keinen Effekt (Abb. 45).

Der weißlichgraue Himmel ist im Positiv der Infrarot-Aufnahme (Abbildung 45) genau so hell gekommen wie bei dem Vergleich auf orthochromatischem Film (Abb. 46). Ein großer Unterschied ist jedoch in der Wiedergabe des Laubes zu erkennen. Wir sehen, wie die Sträucher, eben durch die starke Reflexion des Infrarots an den Blättern, fast weiß wiedergegeben werden. Dieses Beispiel wurde gewählt, um zu zeigen, daß ohne blauen, wolkenlosen Himmel durch Infrarot-Aufnahmen kein Mondscheineffekt erzielt werden kann.

Sind Wolken am Himmel, so wird eine Infrarot-Aufnahme, die einen Mondlichteffekt ausüben soll, schon ein Problem. Helle Wolken strah-

len sehr viel Infrarot zurück und sind dadurch für eine nächtliche Stimmung ungeeignet. Soll einmal eine Infrarot-Aufnahme bei bewölktem Himmel entstehen, dann müssen die Wolken in ihrer Art und Form so beschaffen sein, daß sie tatsächlich einem nächtlichen Himmel entsprechen würden.

Beim Herstellen der Positive haben wir es in der Hand, durch geeignetes Kopieren dem Bild die gewünschte Stimmung zu verleihen. Es darf nicht zu kontrastreich kopiert werden. Durch das Nachkopieren einzelner Bildteile läßt sich der „Mondlichteffekt“ manchmal noch erhöhen. In allen Fällen müssen aber die Bilder dunkel genug gehalten werden. Drei verschieden dunkel kopierte Bilder (Abb. 47-49) zeigen, wie Mondlichteffekt-Aufnahmen grundsätzlich zu kopieren sind.

Die meisten Infrarot-Negative bestehen durch ihre Brillanz und die Wiedergabe von Feinheiten. Allzu leicht wird ein solches Negativ zur Herstellung einer Normalkopie verleiten (Abb. 47). Sie entspricht dann etwa einem Abzug von einer auf pandchromatischem Material hergestellten, stark gefilterten Aufnahme. Selbst wenn das Bild kräftiger ko-



Abb. 47. Infrarot - Aufnahme, normal kopiert, kein Nachteffekt.



Abb. 48. Infrarot - Aufnahme, kräftig kopiert, ungenügender Nachteffekt.

Aufnahmen (3) des Verfassers

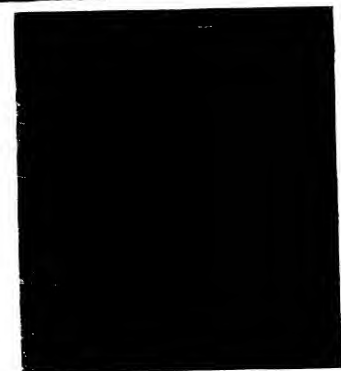


Abb. 49. Infrarot - Aufnahme, dunkel kopiert, Nachteffekt.

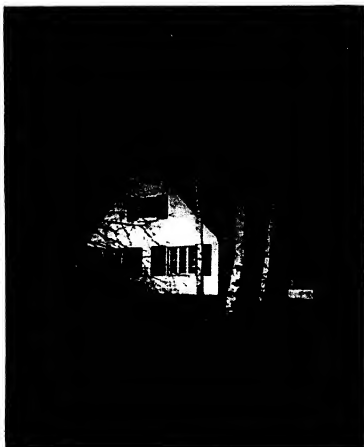


Abb. 50. Agfa-Infrarot-
Platte 800 Rapid
Filter Nr. 42 · Blende 12,5
1/2 Sek.

piert wird, ist noch kein voller Erfolg erzielt (Abb. 48). Man hat noch nicht den Eindruck einer nächtlichen Stimmung. Noch zu viele Einzelheiten sind zu erkennen. Erst wenn die Aufnahme wirklich dunkel kopiert wird, entsteht der Eindruck der Nacht. Die gespenstischen Ruinen, das als Licht erscheinende, in Wirklichkeit hell wiedergegebene Grün der Pflanzen und der Glanz auf dem Pflaster tragen zu dieser Stimmung bei (Abb. 49).

Mondscheineffekt-Aufnahmen mit unpassenden Wolken sind in der Regel zwecklos. Bei der Herstellung der Abzüge oder Vergrößerungen werden vorteilhaft erst verschiedene dunkle Proben angefertigt, bevor man das endgültige Bild herstellt.

Abb. 51. Agfa-Isoschrom-
Film, ohne Filter ·
Blende 12,5 · 1/50 Sek.



Aufnahmen (2) des Ver-
fassers

Die Infrarotaufnahme des Siedlungshauses (Abb. 50) wurde im Spätherbst gemacht. Wir sehen, wie der blaue Himmel dunkel geworden ist, wie die weiße Hauswand den Eindruck erweckt, als hätte sie in vollem Mondlicht gelegen, wir sehen, wie sich die hellen Birkenstämme gegen den dunklen Himmel und das dunkle Dach abheben, und schließlich, wie selbst der dunkle Baumstamm und auch die kleinen Sträucher des Vordergrundes Infrarotstrahlen reflektieren, zum Teil so, daß sie heller sind als bei der Vergleichsaufnahme (Abb. 51). Der volle Eindruck einer Mondscheinaufnahme wird besonders dann vermittelt, wenn wir die Vergleichsaufnahme bei der Betrachtung abdecken, was überhaupt bei den hier gezeigten Vergleichen beachtet werden sollte.



Abb. 52. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid - Agfa-Filter Nr. 42 - Blende $9 \cdot \frac{1}{100}$ Sek.

Im Winter lassen sich ebenfalls reizvolle Mondlichteffekt-Aufnahmen erzielen. Allerdings ist für solche Aufnahmen dann recht viel Schnee und auch Sonnenschein nötig, um gute bildliche Wirkungen zu erreichen. Sonnenschein im Winter ist meistens mit tiefem blauem Himmel verbunden, und dieser liefert uns bei den Infrarotaufnahmen den „nächtlichen“ dunklen Himmel. Der Schnee reflektiert den blauen Himmel, und wie schon besprochen wurde, wird Blau bei Verwendung von Infrarot-Material und Rotfilter dunkel. Nur der direkt durch die Sonne beschienene Schnee wird sehr hell wiedergegeben. Dadurch wirken Aufnahmen mit diesen Voraussetzungen kontrastreich und als Mondlichteffekt-Aufnahmen sehr überzeugend. In unserem Beispiel (Abb. 52) sind all die erwähnten erforderlichen Punkte enthalten. Wie unser Auge die Landschaft sah, zeigt die Vergleichsaufnahme (Abb. 53).



Abb. 53. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter - Blende $9 \cdot \frac{1}{100}$ Sek.

Aufnahmen (2) des Verfassers

Wie ein ganz anders geartetes Motiv bei einer Infrarot-Aufnahme wirkt, vermittelt uns die Vergrößerung einer Kleinbild-Aufnahme (Abbildung 54). In diesem sommerlichen Motiv, aufgenommen bei schwachem Sonnenschein und blauem Himmel, waren nur leichte Wolken vorhanden. Sie fügen sich in diesem Falle dem Gesamtbild gut ein. Die Windmühle als Silhouette, der dunkle Himmel, das helle Kornfeld und die hellen Bäume ergeben den Eindruck einer klaren Mondnacht. Die wirklichen Verhältnisse gibt die „Normalaufnahme“ (Abb. 55) wieder. Einige weitere Kleinbild-Aufnahmen, jedoch nicht als Vergleichsbilder, sollen erkennen lassen, welche Möglichkeiten der Agfa-Infrarapid-Film 750 bietet. Trotz des stets erforderlichen Rotfilters kann man Freihandaufnahmen vornehmen. Der Belichtungsmesser wird bei dieser Filmsorte



Abb. 54 (oben) - Abb. 55 (unten)



für Mondlichteffekt-Aufnahmen auf 14 bis 15/10 "DIN" eingestellt und führt dann zu sicheren Ergebnissen.

Ein Gäßchen mit kleinen Fachwerkhäusern in der Nähe einer Kirche strömt eine Ruhe aus, als wenn es sich wirklich um eine bei Mondschein entstandene Aufnahme handelt (Abb. 56).

In der Stimmung ähnlich, im Aufbau des Motivs so ganz anders, ist das nächste Bild. Trotz der Mondschein Stimmung ist die Vielseitigkeit der Architektur zu erkennen, die diesem Bild auch ihren Reiz verleiht, der erhöht wird durch das auf den Ziegeln liegende Licht. Gegen den nachtschwarzen Himmel hebt es sich gut ab, ebenso der Giebel des ehe-

Abb. 54.
Agfa-Infrarapid-Film 750
Agfa-Filter Nr. 80 · Blende 8
1/25 Sek.

Abb. 55.
Agfa-Superpanfilm,
ohne Filter · Blende 8 · 1/100 Sek.
Agfa-Archivbilder (2)



Abb. 56.
Agfa-Infrarapid-Film 750
Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8
1/50 Sek.
Aufnahme des Verfassers

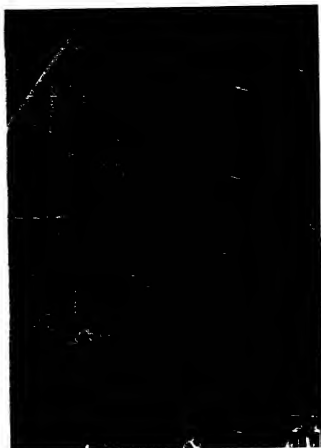


Abb. 57.
Agfa-Infrarapid-Film 750
Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 11
1/50 Sek.
Aufnahme des Verfassers

Abb. 58.
Agfa-Infrarapid-Film 750
Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8
1/50 Sek.
Aufnahme: Reinhard Nürnberg

Abb. 59.
Agfa-Infrarapid-Film 750
Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8
1/50 Sek.
Aufnahme: Günther Schlag

maligen Klosters. Das Laub der Bäume erhöht die Stimmung des Ganzen (Abb. 57).

Dorfstraße bei Nacht (Abb. 58). So könnte man dieses Bild bezeichnen, obwohl es doch in der Mittagssonne aufgenommen wurde. Die manchen Infrarot-Aufnahmen eigene Weichheit kommt in dieser Aufnahme zur Geltung. Diese Weichheit in den Konturen unterstützt die nächtliche Stimmung, wie wir sie auch tatsächlich bei Mondschein empfinden.

Ein schöner Schnappschuß aus dem Erzgebirge mit dem Agfa-Infrarapid-Film 750 gelang dem Bildautor mit dem „Haus im Mondschein“ (Abb. 59). Auch diese Aufnahme wurde bei Sonne, wenn sie auch schon etwas tief stand, vorgenommen.



Abb. 58 (oben) · Abb. 59 (unten).





Abb. 60. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 12,5 · 1/25 Sek.

In der Kineindustrie wird der Infrarapid-Film 750 ebenfalls für Effekte eingesetzt. Schon so manche „nächtliche Szene“ hat uns im Kino gefangen genommen, ja, tief beeindruckt verließen wir die Vorstellung. Nach fachlichen Überlegungen kann dann festgestellt werden, daß einzelne der Bildbänder bei hellstem Sonnenschein oder künstlicher Beleuchtung mit Hilfe von Infrarot-Strahlen und -Materialien entstanden sind. Abschließend soll zu diesem Abschnitt noch mitgeteilt werden, daß es zwecklos ist, große Wasserflächen mit in das Bildfeld hereinzunehmen. Sie würden, besonders bei blauem Himmel, tiefschwarz wiedergegeben werden und stellen dann einen nur flächig, unschön wirkenden Teil des Bildes dar.

Fernsichten

Die Luft ist kein klares Medium; kleinste Wassertropfen und winzige Staubteilchen schweben darin. Sie bedingen, daß die von ihnen reflek-



Abb. 61. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter · Blende 12,5 · 1/25 Sek.

Aufnahmen (2) des Verfassers

tierten Lichtstrahlen bläulich erscheinen. Dadurch erwecken Gegenstände in der Ferne den Eindruck, als wären sie mit einem hellen blauen Schleier überzogen. Wenn eine Aufnahme gefordert wird, die diesen Schleier im Bilde nicht darstellen soll, dann ist sie nur durch die Infrarot-Photographie möglich. Die reflektierten Infrarotstrahlen durchdringen solche Dunstschichten und können auf der photographischen Schicht eine Belichtung ausüben. Feinste Einzelheiten der Ferne, die sonst hinter dem Dunstschleier verborgen bleiben, werden dadurch zur Abbildung gebracht.

In einem flachen Gelände, wo die Sicht an und für sich gering ist, können schon merkliche Unterschiede gegenüber einer normalen Aufnahme erzielt werden. Bei der Normalaufnahme (Abb. 61) sieht man hinter den Weiden des Vordergrundes nur noch einen quer im Bilde verlaufenden Streifen von Bäumen, mit Buschwerk durchsetzt. Die In-



Abb. 62. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 12,5 · 1/100 Sek.

Abb. 63. Agfa-Isopan-F-Film, ohne Filter · Blende 12,5 · 1/100 Sek.

Abb. 64. Agfa-Isopan-F-Film · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 12,5 · 1/100 Sek.

Aufnahmen (3) des Verfassers

frarot-Aufnahme (Abb. 60) läßt darüberhinaus noch im Hintergrund nach einer schmalen Fläche einen weiteren Streifen von Bewachsungen und im Himmel eine schwache Wolkenbildung erkennen.

Bei hoch gelegenen Standpunkten lassen sich, je nach den atmosphärischen Bedingungen, Entfernungen von 20 bis 100 km überwinden. Immer wieder ist es eine Freude, wie solche Bilder Einzelheiten deutlich wiedergeben, die in der Natur vom Auge nicht wahrgenommen wurden.

Beläunungen werden durch den Chlorophylleffekt (Woodeffekt), wie wir bereits an früheren Abbildungen feststellen konnten, im Bilde hell erscheinen (Abb. 62). Das Chlorophyll und die anderen Farbstoffe ei-



Abb. 63 (oben) · Abb. 64 (unten)





Abb. 65. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid · Agfa-Filter 82 · Blende 12,5 · $\frac{1}{5}$ Sek.

nes Blattes lassen nämlich das Infrarot ungehindert hindurch. Es trifft auf das Schwammparenchym mit seinen luftgefüllten Zwischenräumen, das nahe der Unterseite des Blattes liegt, und wird vollkommen reflektiert, wodurch eine intensive Belichtung auf dem Film oder der Platte erfolgen kann. Nadeln sind in ihrem Aufbau von den Blättern verschieden. Sie reflektieren das Infrarot nur in geringem Maße und erscheinen deshalb im Bilde auch nicht so hell (Abb. 62).

Als Fernsicht betrachtet, gibt diese Aufnahme Einzelheiten wieder, die in der Vergleichsaufnahme (Abb. 63) nicht zu erkennen sind. In diesem Zusammenhang soll einer Ansicht entgegengetreten werden, der man oft begegnet. Mit rot gefilterten Aufnahmen auf orthopanchromatischem Material sollen infrarotähnliche Ergebnisse erzielt werden können. Die Vergleichsaufnahme (Abb. 64) wurde auf orthopanchromatischem Material unter Verwendung eines Rotfilters durchgeführt. Sie ist



Abb. 66. Agfa-Isopan-F-Film, ohne Filter · Blende 12,5 · $\frac{1}{100}$ Sek.

Aufnahmen (2) des Verfassers

wohl der ungefilterten Aufnahme überlegen, erreicht aber bei weitem nicht die klare Fernsicht der Infrarot-Abbildung.

Im Harz ist der Brocken vom Hexentanzplatz aus nicht an allen Tagen zu erkennen (Abb. 66). Erst durch Verwendung eines geeigneten Infrarot-Materials war es möglich, den Dunstschleier zu durchdringen und den Brocken auf dem Bilde darzustellen (Abb. 65).

Infrarot-Aufnahmen im Hochgebirge lassen die Ferne in einer geradezu phantastischen Plastik hervortreten. Mit der sonst üblichen bildmäßigen Photographie haben solche Aufnahmen nichts mehr zu tun. Dafür ist, wie bereits anfangs im Abschnitt über Fernsichten erwähnt, die Aufgabenstellung ja auch ganz anders.

Vom Rigi (1800 m) ergibt sich dem Beschauer eine Fernsicht über den Vierwaldstätter See hinweg nach den Schweizer Alpen (Abb. 68). Die



Abb. 67. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid - Agfa-Filter Nr. 85 - Blende 18 - 1 Sek.

Berge und der See verschwinden im morgendlichen Dunst. Der Vordergrund dagegen ist deutlich abgebildet.

Wie anders ist das Ergebnis nach dem gleichen Motiv (Abb. 67) mit einer Infrarot-Platte und Rotfilter! Im Hintergrund sind die Berge gegenüber der anderen Aufnahme bis zum Horizont in ihrer Form eindrucksvoll wiedergegeben.

Über Infrarot-Fernaufnahmen berichtet E. v. Angerer, München (5), sehr ausführlich. Er arbeitete mit einem plankonvexen Brillenglas von 1 Dioptrie, also $f=1\text{ m}$, in Verbindung mit dem Schott-Filter RG 2 oder einem für Infrarot korrigierten Objektiv der Fa. C. A. Steinheil Söhne von 70 mm Öffnung und 1 m Brennweite mit Rotfilter und Korrektionslinse.

Angerer hatte gegen die Verwendung eines Brillenglases wegen der Farbfehler keine Bedenken, da der für die Aufnahmen in Betracht kommende infrarote Wellenbereich sehr schmal und damit die Strahlung



Abb. 68. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter - Blende 18 - $\frac{1}{100}$ Sek.

Aufnahmen (2) des Verfassers

praktisch monochromatisch ist. Die von ihm veröffentlichten Infrarot-Aufnahmen weisen in dieser Hinsicht auch keinerlei Mängel auf, jedoch ist die mit dem erwähnten Steinheil-Objektiv erzielte Schärfe größer. Bei Föhnwetter, wenn die Berge sehr klar erscheinen, können durch die Inhomogenität der Luftschicht auf große Entfernungen trotzdem relativ unscharfe Bilder erhalten werden.

Angerer stellt fest, daß mit Infrarot-Platten bei Gebirgsaufnahmen, auch im Gegenlicht, angenehme Bilder zu erzielen sind, die dann aber nicht den Charakter von Infrarot-Aufnahmen zeigen.

Vom fast gleichen Standpunkt aus wie bei den vorigen Aufnahmen, jedoch in Richtung des Tieflandes gesehen, ergeben sich Bilder mit der Wirkung von Luftbildaufnahmen. Der Dunst läßt die Aufnahme mit Isopan-Film verschleiert erscheinen (Abb. 70). Durch die Infrarot-Aufnahme (Abb. 69) ist in einer frappanten Deutlichkeit das unten liegende Gebiet in einer

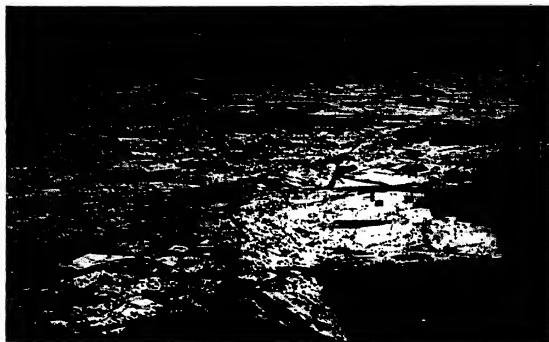


Abb. 69 (oben) · Abb. 70 (unten)



Entfernung von etwa 2 bis 60 km zu erkennen. Die Grauwerte stimmen nicht mehr, das wissen wir ja schon aus dem früher Gesagten, aber die Lage der Straßen, Bahnlinien, Ortschaften usw. ist genau auszumachen. An dieser Infrarot-Aufnahme ist auch zu sehen, daß man Wasserflächen, in denen sich der tiefblaue, wolkenlose Himmel spiegelt (dunkle Bildteile des Vordergrundes), mit Infrarot-Materialien nicht aufnehmen sollte, denn sie werden als vollkommen schwarze detaillose Flächen wiedergegeben.

Handelt es sich bei den bisher gezeigten Fernsichten um Infrarot-Aufnahmen auf Platten des Formates 9×12 cm, die durch das größere Ausgangsformat nur selten sehr stark vergrößert werden müssen, so lassen sich auch Fernsichten im Kleinbildformat mit dem Agfa-Infrarapid-Film 750 durchführen. Wird die Scharfeinstellung sorgfältig vorgenommen, dann kann auch noch nachträglich vergrößert werden (Abb. 71).

Abb. 69. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid · Agfa-Filter Nr. 85 · Blende 18 · 1 Sek.
Abb. 70. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter · Blende 18 · $\frac{1}{100}$ Sek.

Aufnahmen (2) des Verfassers
Abb. 71. Agfa-Infrarot-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8 · $\frac{1}{50}$ Sek.

Aufnahme: Günther Schlag



Durchdringung von trüben Medien

Durch optisch klare Medien gehen alle Strahlen geradlinig hindurch. Bei Trübungen tritt eine Streuung des Lichtes ein, die bei kurzwelliger Strahlung am stärksten ist. Die langwelligen infraroten Strahlen werden durch solche Trübungen weniger gestreut oder treten, je nach der Beschaffenheit des Mediums, geradlinig hindurch. Diese Eigenschaft läßt sich wiederum durch die Infrarot-Photographie verwerten.

An einem Versuchsobjekt, das uns täglich zur Verfügung steht, können wir einige praktisch verwertbare Erkenntnisse gewinnen. Die gebräuchlichen Glühlampen sind in der Regel mattiert. Der glühende Faden einer Lampe ist dem Auge als solcher nicht sichtbar, sondern erscheint flächig hell. Bei einer Aufnahme mit orthopanchromatischem Film liegen die Verhältnisse ebenso. Erst durch eine Infrarot-Aufnahme, selbstverständlich mit Filter, ist der Glühfaden trotz der Mattierung deutlich zu erkennen. Aus diesem Experiment lassen sich Schlüsse ziehen, die auf andere Verhältnisse angewandt werden können.

Wie verhält sich nun Wasser gegenüber photographisch verwendbarer Infrarot-Strahlung? Nach Forsythe und Christison (6) ist reines Wasser für die Strahlen des sichtbaren Spektrums und für das photographisch verwertbare Infrarot in einer Schicht bis 1 mm Dicke durchlässig. Bei einer Dicke von 1 cm nimmt die Durchlässigkeit in dem photographisch verwertbaren langwelligen Teil des Infrarot rasch ab (Abb. 72).

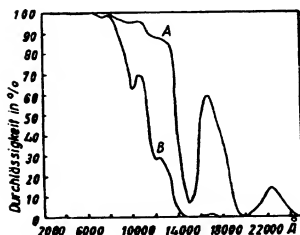


Abb. 72. Spektral-Durchlässigkeit des Wassers (nach Forsythe und Christison).

Kurve A: Durchlässigkeit einer Wassertschicht von 1 mm Dicke.
Kurve B: Durchlässigkeit einer Wassertschicht von 1 cm Dicke.

Mit frdl. Genehmigung des Verlages W. Giradet, Wuppertal-Elberfeld, den Röntgen-Blättern 4. Jahrgang, 1. Heft 1951, entnommen.

Abb. 73. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid · Agfa-Filter Nr. 85 · Blende 12,5 · 1 S k.

Abb. 74. Agfa-Isopan-F-Film, ohne Filter · Blende 12,5 · 1/2 Sek.

Aufnahmen (2) des Verfassers



Abb. 73 (oben) · Abb. 74 (unten)





Abb. 75. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid · Agfa-Filter Nr. 84 · Blende 12,5 · 1 Sek.

Ist das Wasser durch gelöste Salze oder Farbstoffe getrübt, so treten naturgemäß stärkere Schwächungen auf.

Nebel ist Wasser in feinsten Verteilung. Es hat in den vergangenen Jahrzehnten nicht an Versuchen gefehlt, mit Hilfe der Infrarot-Photographie Nebel zu durchdringen. Insbesondere wurde versucht, der Schifffahrt die Infrarot-Photographie nutzbar zu machen. Brauchbare Ergebnisse sind nicht bekannt geworden. Es läßt sich nicht immer im voraus bestimmen, in welchen Fällen Gegenstände noch durch den Nebel photographiert werden können. Ausschlaggebend sind dessen Dichte und die Größe seiner einzelnen Tropfen.

Je nach der Jahreszeit, den Witterungsverhältnissen und der Tagesstunde liegt über Flußläufen mehr oder weniger Nebel. Ob der im Tal über einem Fluß liegende Nebel durchdrungen werden kann, ließ uns der Aufnahmevergleich der vorangegangenen Seite bereits erkennen (Abb. 73 u. 74). Die Aufnahmen entstanden an der Elbe bei Bad Schandau und erfolgten, wie bei allen in diesem Buch gezeigten Vergleichen, unmittelbar nacheinander, stets mit der gleichen Kamera und demselben Objektiv.



Abb. 76. Agfa-Isoschrom-Film, ohne Filter · Blende 12,5 · $\frac{1}{25}$ Sek.
Aufnahmen: Richard Grabsch

Nebel liegt aber nicht nur über Flußläufen. Er kann in allen Gegenden auftreten, und zwar in den verschiedensten Formen und in unterschiedlicher Dichte. Deshalb soll auch noch ein anderes Beispiel gezeigt und besprochen werden, um weitere Erkenntnisse zu gewinnen.

An einem etwas nebligen spätherbstlichen Tag mit schwachem Sonnenschein wurden die Aufnahmen (Abb. 75 und 76) unter den gleichen Verhältnissen nacheinander gemacht. Bei der gewöhnlichen Aufnahme sind die nur etliche Meter vom Aufnahmestandpunkt entfernt stehenden Bäume deutlich zu erkennen; der Bahndamm mit den Bäumen und dem Signalmast in etwa 60 bis 80 m Entfernung erscheint nur undeutlich, schemenhaft. Alles Dahinterliegende ist für uns nicht mehr erkennbar. Dagegen sind bei der Infrarot-Aufnahme die genannten Dinge eindeutig auszumachen und darüber hinaus auch noch weiter entfernt liegende Einzelheiten zu erkennen. Die hell wiedergegebenen Flächen sind mit Wintersaat bestellte Felder. Auch bei dem Grün dieser Felder wirkt sich der Chlorophylleffekt stark aus. Sie erscheinen dadurch bei der Infrarot-Aufnahme fast weiß.



Abb. 77. Aufnahme mit Infrarot-Material und Rotfilter.

Ein Durchdringen von Wolken mit Hilfe von Infrarot-Materialien ist nicht möglich, denn hier handelt es sich ja um die Zusammenballung winziger Wassertröpfchen in großem Umfange. Ein Vergleich soll uns überzeugen, wie in diesem Falle die Verhältnisse liegen. Ziehende Wolken (Abb. 77 und 78) versperren den Blick zu der gegenüberliegenden Gebirgswand und dem weit unten gelegenen Tal. Die Wolken zogen zwar sehr schnell und veränderten sich ununterbrochen. Deshalb ist die Wolkenbildung bei den Vergleichsaufnahmen nicht absolut gleichmäßig. Trotzdem sind aber prinzipielle Erkenntnisse über das Durchdringen von Wolken zu gewinnen. Es war fast ohne Einfluß, ob zur Aufnahme orthopanchromatisches Material oder Infrarot-Material mit Rotfilter benutzt wurde. Die Wiedergabe der Wolken ist in beiden Fällen gleich. Lediglich die Tanne im Vordergrund wurde bei der Infrarot-Aufnahme heller abgebildet.

Abb. 78. Aufnahme mit orthopanchromatischem Film, ohne Filter.

Aufnahmen des Verfassers



Luftbildaufnahmen

Im Prinzip gelten für Luftbildaufnahmen mit Hilfe von Infrarot-Materialien analog die in den beiden vorigen Abschnitten besprochenen Grundsätze. Infrarot-Luftbildaufnahmen sind wichtig für die Geographie und die Aerophotogrammetrie. In beiden Fällen kommt es auf schärfste Wiedergabe feinsten Einzelheiten an. Deshalb kann in diesen Fällen zu den Infrarot-Platten „Hart“ gegriffen werden, die aber dann in einem geeigneten Entwickler zu einer etwas flacheren Gradation zu entwickeln sind. Leider stehen dem Verfasser für das Gebiet der Luftbildaufnahmen keine Abbildungen zur Verfügung. Interessant ist, wie 1931 auf dem VIII. Internationalen Kongreß für wissenschaftliche und angewandte Photographie von A. P. H. Trivelli, Ro-

chester (7), über „eine merkwürdige Photographie“ berichtet wird. Es heißt wörtlich:

„Kapt. A. W. Stevens ist in Argentinien in der Nähe von Villa Mercedes in einem Flugzeug 6,5 km hoch aufgestiegen. Im Flugzeug hatte er eine Kamera mit Infrarot-Filter und Kryptocyaninplatten*. Durch Winkelmessungen konnte er den Abstand zwischen der Basis des Flugzeuges und Villa Mercedes feststellen. In 6500 m Höhe hat er die Kamera dahin gerichtet, wo er sich vorstellte, daß das Andengebirge sei. Von diesem Gebirge konnte er gar nichts sehen. Nach Entwicklung und Kopieren bekam er eine „merkwürdige“ Photographie. Darauf sieht man die Gipfel des Andengebirges am Horizont in Folge des Durchdringungsvermögens der infraroten Strahlen durch die Atmosphäre photographiert. Der größte Teil des Gebirges ist hinter der Krümmung der Erde verborgen. Rechts sieht man einen Gipfel, den 7000 m hohen Aconcagua. Der Abstand dieses Berges von Villa Mercedes war geographisch bekannt, und so konnte festgestellt werden, daß der Abstand zwischen Kamera und Aconcagua 470 km ist.

Die ganze Strecke, welche photographiert wurde, war 112 km oder $\frac{1}{300}$ des Erdumfanges. Der Horizont zeigt eine schwache Krümmung, welche auf der Originalphotographie einen Radius von 25 m hat, was übereinstimmt mit der Krümmung der Erde, so daß hier zum erstenmal die Erdkrümmung photographiert ist.“

In neuerer Zeit sind aus noch größeren Höhen, zum Teil mit Hilfe von Raketen, Infrarot-Aufnahmen durchgeführt worden, die aufschlußreiche Erkenntnisse brachten.

Zum Zwecke der Aufklärung wurden spezielle Infrarot-Filme in großem Maße verwendet. Mit Leichtigkeit konnten gut getarnte Stellungen im Gelände und in Wäldungen durch den bekannten Chlorophylleffekt ausgemacht werden, da das Grün der Natur bei der Infrarot-Aufnahme im Bilde weiß erscheint, dagegen andere Gegenstände dunkel abgebildet werden. Die steilere Gradation der Infrarot-Materialien ist in diesen Fällen ebenfalls von Nutzen. Allerdings soll hier auch darauf hingewiesen werden, daß dichter Bodennebel aus großen Höhen mit den Infrarot-Materialien nicht durchdrungen werden kann.

* Sensibilisator für Infrarot-Platten.

Porträt-Aufnahmen

An den Fachphotographen werden Wünsche mannigfaltigster Art herangetragen. Es ist nicht immer leicht, alle diese Wünsche zu erfüllen. Sie haben mit einer Wiedergabe der Wirklichkeit oft wenig zu tun, entspringen vielfach einer Laune des Geschmacks und werden doch von dem Fachmann erfüllt, denn es ist ja sein Beruf. In anderen Fällen wird der Photograph natürlich seinem Empfinden gemäß arbeiten, um seinen Bildern seine eigene Note zu geben. Beim Porträtieren kommen aber Fälle vor, die mit den üblichen Filmen oder Platten nicht zu bewältigen sind; er wird zu besonderen Aufnahmematerialien greifen, die oftmals eine große Hilfe darstellen.

Nicht allen Photographen ist es geläufig, daß Infrarot-Materialien auch für die Atelierarbeit in Betracht kommen. Deshalb sollen einige Beispiele besprochen werden. Sie mögen nur als Anregung dienen; dem Können des Photographen ist es in die Hand gegeben, Infrarot-Materialien dann anzuwenden, wenn er dadurch den Wünschen seiner Kundschaft entgegenkommen kann, wenn er hinsichtlich der Grauwerte besondere Bilder erzielen will oder auch, wenn er dadurch sehr schwierig auszuführende Retuscharbeiten einsparen kann.

Allgemein ist bekannt, daß dunkelhäutige Menschen unter normalen Aufnahmebedingungen nicht hell abgebildet werden können. Mit Hilfe der Infrarot-Photographie jedoch ist dies möglich, wie wir es an den Ergebnissen nach Aufnahmen von einem Menschen mit dunkler Hautfarbe sehen (Abb. 79 bis 81).

Alle Aufnahmen entstanden in einem Kunstlichtatelier unter Beleuchtung mit Niträphotlampen. In der Regel wird im Interesse einer kurzen Belichtungszeit in solchen Ateliers mit pan- oder orthopanchromatischen Filmen oder Platten gearbeitet (Abb. 79). Eine Aufnahme mit etwas anders gewählter Beleuchtung, unter sonst gleichen Bedingungen, aber mit Infrarot-Platte und Rotfilter aufgenommen, gibt das Gesicht verhältnismäßig hell wieder (Abb. 80). Die Lippen sind allerdings sehr „blutleer“. Interessant ist an diesem Bilde, daß das schwarze Haar unbeeinflusst bleibt, es reflektiert also kein Infrarot. In der Porträt-Photographie gibt es einige Fälle, in denen auch Infrarot-Aufnahmen ohne



Abb. 79. Agfa-Isopan-ISS-Planfilm, ohne Filter · Blende 4,5 · 1/5 Sek.



Abb. 80. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid Filter Nr. 81 · Blende 4,5 · 1 Sek.



Abb. 81. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid, ohne Filter · Blende 4,5 · 1/2 Sek.
Aufnahmen: Photo-Taggeseile, Leipzig

Filter mit Erfolg durchgeführt werden können, worauf wir auch noch zu sprechen kommen (Seite 89 bis 90). In dem vorliegenden Fall wurde das Ergebnis aber ungünstiger (Abb. 81). Die bei den Agfa-Infrarot-Platten gegenüber dem Rot und Infrarot höher liegende Blauempfindlichkeit wird wirksam, das Gesicht wird im Positiv noch dunkler wiedergegeben.



Abb. 82. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid Agfa-Filter Nr. 83 · Blende 7,7 · 3 Sek.



Abb. 83. Agfa-Isopan-Porträtfilm, ohne Filter · Blende 7,7 · 1/5 Sek.

Aufnahmen: Willi Töpfer

Der nächste Vergleich behandelt eine aufzunehmende Person, welche an einer Erkrankung leidet, die sich in starken Rötungen und Flecken im Gesicht äußert. Eine Aufnahme im Licht von 3 Nitraphotlampen (je 500 Watt) zeigt, wie die Krankheitsmerkmale abgebildet werden, wenn mit dem sonst üblichen orthopanchromatischen Film gearbeitet wird (Abb. 83). Dem Film kann deshalb kein Vorwurf gemacht werden, denn orthopan heißt ja, die Farben der Augenempfindlichkeit entsprechend in ihren Grauwerten wiederzugeben. Die einzelnen Flecke durch Retusche zu beseitigen, dürfte für den erfahrenen Photographen kein Problem bedeuten. Anders verhält es sich mit den Rötungen. Gewiß sind auch diese Partien zu mildern. Immer ist aber eine umfassende Bearbeitung erforderlich.

Dieser Mühe kann man sich entziehen, wenn Infrarot-Material eingesetzt wird, womit wir ohne die Notwendigkeit jeglicher Retusche eine Aufnahme erhalten (Abb. 82). Die Bluse hat ein ganz anderes Aussehen



Abb. 84. Agfa-Isopan-Porträtfilm, ohne Filter · Blende 6,3 · $\frac{1}{5}$ Sek.



Abb. 85. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid, ohne Filter · Blende 6,3 · $\frac{1}{5}$ Sek.

bekommen. Mit dieser Verfälschung wird man sich in solchen Fällen aber gern abfinden. Man kann auch der Kundschaft raten, sich zur Aufnahme entsprechend zu kleiden.

Stark sommersprossige Personen aufzunehmen, bedeutet für den Photographen stets eine erhebliche Belastung durch die später erforderliche Retusche. Oft handelt es sich dabei um Menschen mit einem zarten Teint, blauen Augen und rötlich-blondem Haar. Rufen wir uns in das Gedächtnis zurück, wie die Farben mit einem orthopanchromatischen Porträtfilm wiedergegeben werden. Die kräftig braunen Sommersprossen werden dunkel. Ist der Anteil an rötlicher Färbung des Haares groß, so muß auch dieses verhältnismäßig dunkel zur Abbildung kommen. Ein dunkelblaues Auge muß unter diesen Verhältnissen ebenfalls dunkel erscheinen. Zum Studium wurde eine Frau gewählt, bei der diese Merkmale gegeben waren (Abb. 84).



Abb. 86. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid, mit Agfa-Gelbfilter 3 · Blende 6,3 · $\frac{1}{2}$ Sek.

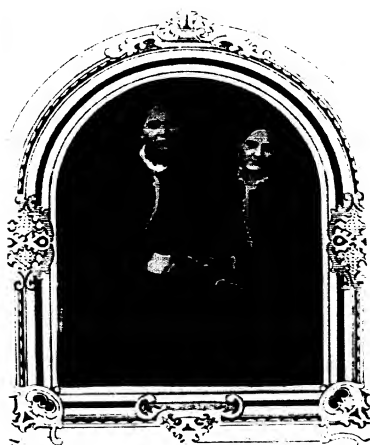


Abb. 87. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid, mit Agfa-Rotfilter 42 · Blende 6,3 · 1 Sek.
Aufnahmen: Willi Töpfer

Nun wollen wir bei einem stufenmäßig durchgeführten Vergleich die Veränderung beobachten. Eine nicht zu hoch sensibilisierte Infrarot-Platte wurde für eine Aufnahme der gleichen Frau verwendet, aber ohne Anwendung eines Filters (Abb. 85). Ergebnis: gleiche Belichtungszeit, wesentlich weniger Sommersprossen, etwas aufgehelltes Haar und kaum dunklere Augen – eine Folge der vorhandenen Blauempfindlichkeit der Infrarot-Platte und einer Empfindlichkeit im nahen sichtbaren Rot. Läßt sich das Ergebnis durch Anwendung eines Gelbfilters verbessern? Durchaus (Abb. 86). Die Belichtung mußte reichlich verdoppelt werden, Sommersprossen sind praktisch nicht mehr vorhanden, das Haar ist in der Abbildung noch heller geworden und das Auge, wie wir es vom Filtern bei den sonst üblichen Filmsorten her kennen, dunkler dargestellt.

Im letzten Bild unserer Versuchsreihe (Abb. 87) haben wir eine, in strengem Sinne genommen, ausgesprochene Infrarot-Aufnahme vor uns. Sie wurde, der üblichen Form einer Infrarot-Aufnahme entspre-

chend, unter Vorschaltung eines Rotfilters durchgeführt. Ergebnis dieses Versuches: Belichtungszeit mußte abermals verdoppelt werden. Die Sommersprossen sind beseitigt, das Haar ist noch heller abgebildet, und die Augen, ja selbst das bläuliche Weiß der Augen, sind ziemlich dunkel geworden. Einer zu hellen Wiedergabe der Lippen kann durch leichtes Schminken mit einem bläulichen Lippenstift begegnet werden. Die zu dunkel wiedergegebenen Augen lassen sich später im Negativ mit Neu-Coccin abdecken. Dieser mit einem Pinsel aufgetragene rote Farbstoff hat die Eigenschaft, die Gelatineschicht anzufärben. Je nach der Dichte kopieren so behandelte Stellen heller. Zur Erzielung der nötigen Schärfe mußte bei der Aufnahme jeweils mit dem benutzten Filter eingestellt werden.



Reproduktion
einer gut erhaltenen
Daguerreotypie

Abb. 88. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid
Agfa-Filter Nr. 42
Blende 11 · 45 Sek.
Beleuchtung:
Nitalicht 1000 Watt.

Reproduktionen von Daguerreotypen

Wer mit der Geschichte der Photographie nicht vertraut ist, dem wird die Bezeichnung Daguerreotypie auch nicht geläufig sein, denn dieses Verfahren wird heute nicht mehr ausgeübt. Es handelt sich dabei um Bilder aus den Anfängen der Photographie, die seit dem Jahre 1839 in Umlauf kamen und innerhalb weniger Jahre eine starke Verbreitung fanden.

Das Verfahren erhielt seinen Namen nach seinem Miterfinder, dem Franzosen Daguerre. Er hatte mit seinem Landsmann Niépce den gleichen Gedanken verfolgt und später mit dem Sohn des letzteren zur Herstellung der Photographien polierte Kupferplatten verwendet, auf die Silberschichten aufgelegt wurden. Auf diesen Platten bildete sich

Reproduktion
einer gut erhaltenen
Daguerreotypie

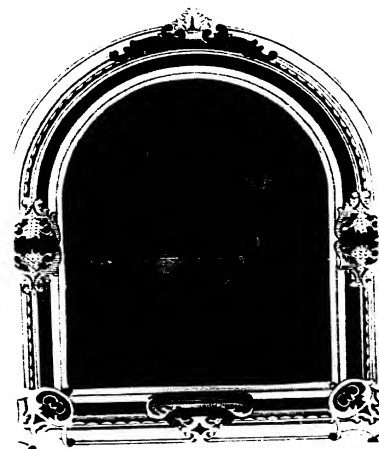


Abb. 89. Agfa Photo-
technischer Film B, un-
sensibilisiert, ohne Fil-
ter · Blende 11 · 20 Sek.
Reproduktionen:
Margarete Herkenrath



Reproduktion
einer stark fleckigen,
verfärbten und matt
belegten Daguerreotypie

Abb. 90. Agfa-Infrarot-
Platte 750 Rapid · Agfa-
Filter Nr. 81 · Blende 11
30 Sek.
Beleuchtung:
Nitalicht 1000 Watt.

durch Einwirkung von Joddämpfen eine lichtempfindliche Jodsilber-
schicht. So vorbereitete Platten dienten zur Aufnahme und führten
nach der Entwicklung durch Quecksilberdämpfe direkt zum Bild. Durch
Behandlung in einer Natriumthiosulfatlösung wurden die Platten licht-
echt gemacht. Es waren seitenverkehrte Negative, die durch die glän-
zende Silberplatte nur in bestimmter Blickrichtung zu betrachten waren,
aber dann als positives Bild erschienen. Solche Daguerreotypen stellen
oft einen unschätzbaren Wert für die Geschichte, die Familie, den
Sammler und den Forscher dar und sollen daher vielfach in ihrem Bild-
inhalt durch eine Neuaufnahme der Nachwelt erhalten bleiben. Da sie
oft fleckig geworden sind, verblaßten oder auch mit einem matten
Schein belegt sind, ist eine gute Reproduktion mit gewöhnlichen Mit-
teln nur schwer möglich. Einfacher und sicherer führt eine Infrarot-Auf-

Reproduktion
einer stark fleckigen,
verfärbten und matt
belegten Daguerreotypie

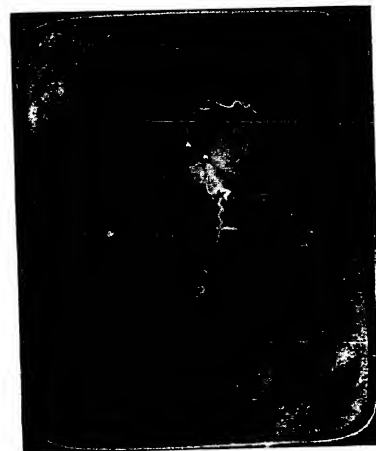


Abb. 91. Agfa Phototech-
nischer Film B, unsensibi-
lisiert, ohne Filter
Blende 11 · 60 Sek.
Reproduktionen:
Margarete Herkenrath

nahme zum Ziel. Sie wird wegen der besser regulierbaren Beleuchtung
vorteilhaft mit Nitra- oder Nitraphotlicht in Verbindung mit einem
Rotfilter vorgenommen. In der Regel werden Infrarot-Platten Rapid
oder der Infrarapid-Film 750 für derartige Reproduktionen verwendet.

Reproduktionen von vergilbten Vorlagen

Das Papier von Schriften, sei es handbeschrieben oder bedruckt, kann
durch Alterung, ungünstige Lagerung, starke Wärmeeinwirkung u. ä.
bisweilen eine gelbe bis braune Färbung annehmen. Hat zeitweise auch
Feuchtigkeit auf das Papier einwirken können, so sind Stockflecke meist
eine unausbleibliche Folge. In noch schlimmeren Fällen kann eine Gelb-
bis Braunfärbung durch Brand verursacht sein. Nicht selten handelt es

sich bei solchen Schriftstücken um unersetzliche Dokumente, die einen kulturellen, wissenschaftlichen oder auch historischen Wert besitzen, deren Inhalt aus diesem Grunde originalgetreu erhalten werden soll. Ähnlich kann es sich mit Photographien, Lithographien, Radierungen und Zeichnungen aller Art verhalten.

Derartige Vorlagen durch photographische Abbildungen zu sichern, ist das Ziel. Solche Arbeiten mit unsensibilisierten Schichten auszuführen, wird hoffnungslos sein. Panchromatische Schichten können in manchen Fällen schon eine große Hilfe bedeuten. Immer aber ist die Anwendung von Infrarot-Materialien angebracht, in schwierigen Fällen, d. h. bei starker Vergilbung (Brand), sogar unumgänglich notwendig. Ob die Reproduktionen bei Tages- oder Kunstlicht vorgenommen werden, ist gleichgültig. In jedem Falle wird jedoch ein Rotfilter erforderlich. Da die Schriften in dem Positiv schwarz auf weißem Grund erscheinen sollen,



Reproduktion
eines durch Brand
beschädigten
Schriftstückes

Abb. 92. Agfa-
Infrarot-Platte 800 Hart
und Agfa-Filter Nr. 42.

muß zu den kontrastreicher arbeitenden Infrarot-Platten „Hart“ oder dem Infrarapid-Film 750 gegriffen werden, die dann auch in kräftig arbeitenden Entwicklern verarbeitet werden müssen. Bei Halbtonvorlagen sind die weniger kontrastreich arbeitenden Sorten „Rapid“ oder ebenfalls der Infrarapid-Film 750 zu nehmen. Der Film wird dann natürlich weich entwickelt (s. S. 26). Bei Reproduktionen wird meistens mit längeren Auszügen gearbeitet werden müssen, deshalb ist eine Scharfeinstellung mit dem Rotfilter erforderlich. Immer sind die zu erreichenden Ergebnisse gut.

Einzelne Seiten eines durch Brand stark beschädigten Kirchenbuchs sollten durch Reproduktionen sichergestellt werden, bevor sie völlig verderben. Das photographische Ergebnis, zunächst mit panchromatischem Material durchgeführt und dann mit Infrarot-Platten vorgenommen, zeigt den Vorteil der Infrarot-Methode (Abb. 92 und 93).

Reproduktion
eines durch Brand
beschädigten
Schriftstückes

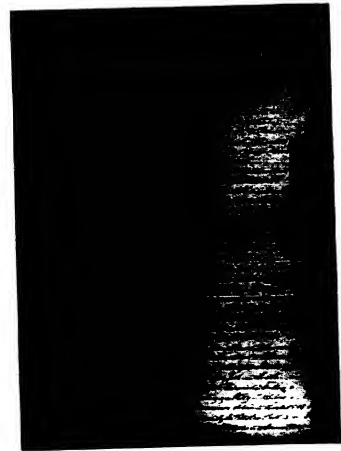


Abb. 93. Agfa Phototechnischer
Film B, panchromatisch.
Aufnahmen: Deutsches Archiv
für Genealogie

Archäologische Forschungen

Die Altertumskunde hat sich in besonderen Fällen der Infrarot-Photographie mit Erfolg bedient.

Plotnikow (8) berichtet über eine ägyptische Mumie, deren Binden einen wertvollen, zum Teil unleserlichen etruskischen Text enthielten. Durch Verschmierung mit Harz war es nicht möglich, den Text zu entziffern. Harz als „trübes Medium“ wurde von den langwelligen Strahlen des Infrarot durchdrungen. Hier ließ sich die Infrarot-Photographie gut verwenden. Der Text konnte rekonstruiert und der Öffentlichkeit übergeben werden.

Bei der Entzifferung der gotischen Bibelübersetzung des Ulfilas (Wulfila, gotischer Bischof, gest. 383) leistete die Photographie durch Infrarot-Material der Forschung große Dienste.

Ebenso gewann die Infrarot-Photographie Bedeutung bei Aufnahmen von Blättern eines verblaßten griechischen Codex. Papyrusblätter, deren Texte nur schwer lesbar sind, konnten durch die Anwendung der Infrarot-Photographie viel leichter entziffert werden. Die Sicherstellung der Dokumente auf diese Weise ist für den Altertumsforscher von großer Wichtigkeit.

Die Möglichkeit, verblaßte Schriften auf Papier, Leder u. ä. lesbar zu machen, beruht auf der Tatsache, daß die in das Material eingedrungene Tinte oder Farbe für Infrarot ein anderes Reflexionsvermögen hat als die nicht beschriebenen Teile des Originals.

Aber auch bei Grabungen, beim Anschneiden von Erdschichten mit Brandresten und in anderen Forschungsgebieten kann die Infrarot-Photographie eben durch das unterschiedliche Reflexionsvermögen der infraroten Strahlen an verschiedenen Stoffen zu wertvollen Aufschlüssen führen.

Reproduktionen von Gemälden

Bei alten Gemälden ohne Signum, die durch das Nachdunkeln der Firnissschicht Einzelheiten nicht mehr erkennen lassen, besteht oft ein lebhaftes Interesse, genauere Kenntnis über die Pinselführung und Manier des Künstlers zu bekommen, um daraus Rückschlüsse auf den Urheber ziehen zu können.

Die verschiedensten photographischen Verfahren werden eingesetzt, um solche Einzelheiten zu erforschen. Die „Photographie im Ultraviolett“ leistete hier bereits hervorragende Ergebnisse. Ebenso wurde zu dem gleichen Zweck auch schon die „Röntgen-Photographie“ verwendet. Im Rahmen dieses Buches soll jedoch nur die Infrarot-Photographie behandelt werden, mit der auch besondere Leistungen erzielt werden können. Je nach den vorliegenden Originalen und Verhältnissen kommt eines der aufgeführten Verfahren für die Untersuchungen von Gemälden in Betracht. Die getrübt und nachgedunkelte Firnissschicht wird von den Infrarotstrahlen leicht durchdrungen, und dadurch ist es möglich, in Verbindung mit Infrarot-Materialien überraschende Ergebnisse zu erzielen. Auf diese Weise wurden auch schon Fälscher „Alter Meister“ entlarvt. Ebenso können Übermalungen auf diese Art nachgewiesen werden, wenn die zur Übermalung benutzten Farben in ihrer chemischen Zusammensetzung anders waren als die vordem verwendeten. Gegenüber den Infrarot-Strahlen verhalten sich die Farben dann in ihrer Absorption und Reflexion verschieden und sind an der Infrarot-Aufnahme leicht zu unterscheiden.

Von der „Deutschen Fotothek, Dresden“ durchgeführte Vergleichsaufnahmen (Abb. 94 und 95) lassen im Infraroten (Abb. 94) aufschlußreiche Einzelheiten erkennen. Es sind Striche der Vorzeichnungen sichtbar, die später als Schatten in den Falten des Überwurfes übermalt wurden. Auch kleinere Vorzeichnungen in den Gesichtern wurden ebenfalls übermalt. Dem Auge sind diese Schraffuren verborgen. Das Gemälde bietet sich dem Betrachter dar, wie es die Aufnahme im sichtbaren Licht bringt (Abb. 95).

Zur Verwendung kam für die Infrarot-Aufnahme eine Agfa-Infrarot-Platte 950 und das Schott-Filter RG 10. Bei dem Licht von zwei Nitraphot-Lampen zu je 500 Watt in 1 m Abstand vom Gemälde mußte die Infrarot-Aufnahme rund 30 mal länger belichtet werden als die Auf-



Ausschnitt-
Reproduktionen
Original: Pscdella,
Zwickauer Altar —
Leipzig: Museum.

Abb. 94. Agfa-Infra-
rot-Platte 950 · Schott-
filter RG 10
Blende 22 · 25 Min.

nahme auf Agfa-Isopan-F-Platte ohne Filter. Als Entwickler diente in beiden Fällen Agfa-Rodinal in der Verdünnung 1 + 20. Die Infrarot-Platte wurde 5 Minuten, die Isopan-Platte 3 Minuten entwickelt. F. Müller-Skjold, H. Schmitt und K. Wehlte (9) verwendeten bei ihren Gemäldeuntersuchungen Agfa-Platten 850 Hart mit dem Schottfilter RG 9, Agfa-Infrarot-Platten 950 und 1050 mit dem Filter RG 7. Mit Hilfe dieser Materialien wurden in dunklen Bildstellen mit vorherrschend warmen Farbtönen Oberflächenverletzungen und Retuschen sichtbar. Auch Vorzeichnungen in klaren Strichen mit einigen Schattenschraffuren, die im Verlauf der farbigen Gestaltung durch den Maler zugedeckt wurden und damit dem Auge verborgen sind, lassen sich durch die Infrarot-Photographie nachweisen. Besonders Gemälde in

Aufnahmen:
Deutsche Fotothek.
Veröffentlichung mit
frdl. Genehmigung der
Deutschen Fotothek,
Dresden.

Beleuchtung:
2 Nitraphot-Lampen
je 500 Watt.



Abb. 95. Agfa-Isopan-
F-Platte, ohne Filter
Blende 16 · 20 Sek.

warmen Farbtönen (Gelb, Rot, Braun) versprechen hierbei die besten Erfolge.

Auch für Reproduktionen im allgemeinen kann man sich mit Erfolg der Infrarot-Photographie bedienen. Besonders dann, wenn es gilt, außergewöhnlich dunkle Bildpartien in der Reproduktion so wiederzugeben, daß mehr Einzelheiten zu erkennen sind als bei einer gewöhnlichen Aufnahme.

In den genannten Fällen wird man sich der Infrarot-Platten Rapid bedienen, die außerdem noch möglichst zart entwickelt werden müssen. So wurden die Aufnahmen nach dem Gemälde eines unbekannten holländischen Malers (Abb. 96 und 97) in dem zart arbeitenden Entwickler Agfa-Denal nur 6 Minuten entwickelt. Dieser Helligkeitentwickler ge-



Reproduktionen
Original:
unbekannter
holländischer
Maler des 17. Jh.
(Berghem
nahestehend).

Abb. 96.
Agfa-Infrarot-
Platte 850 Rapid
Agfa-Filter Nr. 42
Blende 11
120 Sek.

stattete die genaue Beobachtung während des Entwicklungsvorganges, so daß im richtigen Augenblick unterbrochen werden konnte.

Photogrammetrie

Die Bildmessung oder Photogrammetrie (von dem deutschen Geographen L. Kersten geprägte Bezeichnung) hat die Aufgabe, aus einem oder mehreren Bildern die Form, Größe und Lage eines Gegenstandes zu ermitteln. Die Erdbildmessung ist hinsichtlich ihrer Schnelligkeit und Wirtschaftlichkeit bei größeren Vermessungsarbeiten den anderen Verfahren der Vermessung überlegen. An Hand von photographischen Aufnahmen können Grund- und Aufriß meßtechnisch ermittelt werden. Schwierigkeiten treten dann auf, wenn eine ungünstige Wetterlage das Fort-

Beleuchtung:
2 Nitraphotlam-
pen (je 500 Watt),
gemischt mit
Tageslicht.

Aufnahmen:
Richard Grabsch



Abb. 97. Agfa-
Isopan-F-Platte,
ohne Filter
Blende 11 · 6 Sek.

schreiten der Arbeiten verzögert, oder wenn es sich um ein bergiges Gelände handelt, in dem durch Dunstschichten einzelne Geländeeinschnitte nur undeutlich in Erscheinung treten. Auch bei Tagebauen und Flußregulierungen werden diese Schwierigkeiten zu beobachten sein. Hier hilft die Infrarot-Aufnahme. Sie überwindet, wie wir schon besprochen haben, mit Leichtigkeit Dunstschichten und gibt auch, wie wir ebenfalls schon gesehen haben, die Ferne mit allen Einzelheiten wieder. Die Auswertung in starker Vergrößerung erfordert ein sehr feines Korn und ein gutes Auflösungsvermögen. Deshalb werden für die Erdbildmessung, die mit dem Phototheodoliten arbeitet und deshalb längere Belichtungen erlaubt, die Agfa-Infrarot-Platten Hart verwendet (siehe Körnigkeit und Auflösungsvermögen Seiten 21/22). Die Entwicklung

wird außerdem in Agfa-Atomal F oder Agfa-Rodinal in der Verdünnung 1 + 40 vorgenommen, eben um ein feines Korn und eine gute Auflösung zu erhalten.

Auch in der Luftbildmessung (Aerophotogrammetrie) sind Infrarot-Materialien von Bedeutung. Sie helfen wiederum, Dunstschichten zu überwinden und erleichtern ebenfalls die Vorarbeiten für die Kartographie. Da die Aufnahmen in der Regel vom schnell fliegenden Flugzeug aus mit Hilfe der Luftbildkammer vorgenommen werden müssen, sind kurze Belichtungszeiten erforderlich. Dementsprechend wird Infrarot-Material mit genügender Empfindlichkeit ausgewählt, das wiederum im Interesse eines feinen Kornes in entsprechenden Entwicklern zu verarbeiten ist.

Dunkelphotographie

Der Gedanke, in dunklen Räumen Aufnahmen vorzunehmen, ist schon alt. Immer standen diesem Problem große Schwierigkeiten entgegen, bis schließlich die Infrarot-Photographie hierfür nutzbar gemacht werden konnte. Der Begriff „dunkler“ Raum muß vom menschlichen Auge aus verstanden werden. Die Infrarot-Photographie braucht ja auch Licht, aber nur die langwelligen Infrarot-Strahlen, die für den Menschen nicht mehr sichtbar sind. Wir haben die verschiedenen Filter schon kennengelernt und gesehen, daß es solche von hellroter und tieferer Färbung gibt, wovon wir die letzteren als Schwarzfilter bezeichnen. Nur diese können naturgemäß für die Dunkelphotographie in Betracht kommen. Daraus ergibt sich, daß wir jetzt anders verfahren müssen, als wir es bisher gewöhnt waren. Die Filter dürfen nicht mehr vor das Objektiv der Kamera gesetzt werden, sie müssen in geeigneter Form vor den Lampen angebracht werden, und zwar so, daß kein sichtbares Licht aus dem Lampengehäuse austreten kann.

Entsprechend den verwendeten Schwarzfiltern kommen nur Infrarot-Materialien in Betracht, deren Empfindlichkeitsmaximum zwischen 750 und 850 m μ liegt. Höher sensibilisierte Materialien sind nur für Aufnahmen geeignet, die eine längere Belichtung zulassen und benötigen zudem Lichtquellen hoher Leistung.

Geeignete Lichtquellen für Dunkelaufnahmen sind, besonders für kinematographische Aufnahmen, Nitra- und Nitraphotlampen. Für Einzelaufnahmen kann man aber auch Blitzlampen und Blitzröhren heranzie-

Abb. 98. Reflektor des VEB Elektrotechnik Eisenach mit nachträglich angebaute Einrichtung zur Verwendung von Filtern für Dunkelaufnahmen.



hen. Die letzteren nur in Verbindung mit dem neuen, sehr empfindlichen Agfa-Infrarapid-Film 750, da Blitzröhren weniger Infrarot abstrahlen (s. S. 49).

Es ist anzunehmen, daß in absehbarer Zeit Reflektoren für Blitzlampen und Blitzröhren auf dem Markt erscheinen werden, die so konstruiert sind, daß vor dem Reflektor ein zwischen Glas befindliches Filter leicht montiert und wieder entfernt werden kann. Der Reflektor muß den Lampenkörper natürlich so umschließen, daß kein helles Licht austreten kann.

Solange geeignete Reflektoren noch nicht im Handel zu haben sind, ist man darauf angewiesen, sich diese selbst zu basteln oder nach eigenen Angaben bauen zu lassen (Abb. 98). Zum Auswechseln der Blitzlampen könnte das gezeigte Modell noch praktischer gestaltet werden.

Man kann sich auch durch direktes Färben der Lampen helfen. Morris und Spencer (10) empfehlen folgendes Rezept:

Eosin 4 g, Tartrazin 6 g, Säureviolett 4 Bl. 4 g, Wollgrün S 10 g, Gelatine 200 g, Glycerin 100 ml, mit Wasser zu einem Liter verdünnen. Zur Bereitung der Überzugslösung wird die Gelatine in 500 ml Wasser geweicht und dann solange in einem Wasserbad von 40 bis 50 °C gerührt, bis sie aufgelöst ist. Die aufgeführten Farbstoffe werden jeder für sich in wenig Wasser von höchstens 65 °C aufgelöst. Zu diesen Lösungen wird etwas von der zuerst bereiteten Gelatine hinzugefügt. Das Glycerin wird mit warmem Wasser verdünnt und im Wasserbad auf eine Temperatur von 50 °C gebracht. Abschließend werden alle Lösungen miteinander innig gemischt und mit warmem Wasser wird bis auf 1 Liter aufgefüllt.

Zum Überziehen werden die Lampen in die auf 35 °C temperierte Lösung getaucht. Die Temperatur ist wichtig und läßt sich am besten in

einem Wasserbad konstant halten. Nach 5 Sekunden Tauchdauer wird die Lampe herausgenommen, mit dem Sockel kurze Zeit nach unten gehalten, wieder umgedreht und 24 Stunden lang zum Trocknen aufgehängt.

Der Verfasser ersetzte in dem angeführten Rezept Eosin durch Astaphloxin 2 g, Säureviolett 4 Bl. durch Säureviolett normal 3,2 g und Wollgrün durch Naphtolgrün 6 g und erreichte dadurch die Wirkung des Agfa-Filters Nr. 83.

Man wird sich schwer entschließen können, Blitzröhren mit dem gefärbten Überzug zu versehen, da sie ja auch noch für andere Zwecke genommen werden sollen. Man kann sich in diesem Falle helfen, wenn man sich eine Kappe aus Filterfolie (s. S. 42/43) herstellt, die genau auf die Blitzröhre paßt, so daß kein sichtbares Licht austreten kann.

In der Verhaltensforschung bei Tieren wurde die Dunkelphotographie schon mit Erfolg eingesetzt. So konnten Tierkämpfe bei kinematographischen Aufnahmen (Abb. 99a u. b) im Rahmen einer größeren Aufgabe der Verhaltensforschung (Prof. K. Lorenz und Dr. W. Schleidt, Forschungsstelle für Verhaltensphysiologie des Max-Planck-Institutes für Meeresbiologie, Buldern über Dulmen, Westf.) genau verfolgt werden (11).

Zur Verwendung kam Kodak-Infrarotfilm Type I. R. 135 mit einem Empfindlichkeitsmaximum bei 825 m μ und Filter Nr. 100 der Fa. Götinger Farbfilter.

Für die Messung des Pupillendurchmessers bei Mensch und Tier ist die Dunkelphotographie gut geeignet. Man kann in der Weise vorgehen, daß Lampen ohne Filter für Normalaufnahmen aufgestellt werden und außerdem noch Lampen, die für die Dunkelaufnahmen mit einem Filter versehen sind. Dazu gehören dann zwei Kameras, die nebeneinander aufgestellt werden, wovon eine mit einem pandromatischen Film für Aufnahmen bei hellem Licht beschriftet ist. Die zweite Kamera ist mit Infrarot-Material geladen und tritt dann in Tätigkeit, wenn Dunkelaufnahmen gemacht werden sollen. Je nach der Dauer der abwechselnd eingeschalteten Lampen wird die Pupille einen anderen Durchmesser

Abb. 99a und 99b. Tierfilmszenen aus den Infrarotfilmen „Kämpfende Fische“ und „Kämpfende Mäuse“.

Aufnahmen: Institut für den wissenschaftlichen Film, Göttingen



Abb. 99a

Abb. 99b

annehmen, der durch Messungen an den entwickelten Aufnahmen genau ermittelt werden kann.

Das „Blitzen“ zum Zwecke photographischer Aufnahmen wird meist als störend empfunden. Bei Anwendung von „Dunkelblitzen“ erschließen sich besonders dem Reporter neue Möglichkeiten. Er kann jetzt bei Tagungen, im Theater, bei Feierstunden, in Versammlungen, bei Hochzeiten in der Kirche, ja selbst bei Sportaufnahmen in Hallen blitzen, ohne den Vortragenden, das Publikum oder die Sportler zu erschrecken. Der Photograph benutzt einfach den hochempfindlichen Infrarotfilm und „verdunkelt“ seine Blitzquelle. Dabei sind durchaus nicht immer nur die strengsten Filter nötig. In einem erleuchteten Raum genügt ein hellrotes oder rotes Filter vollkommen. Das dann beim Blitzen aufleuchtende rote Licht blendet nicht, erfüllt seine Aufgabe aber vollkommen.

Die Grauwerte des fertigen Bildes fallen allerdings anders aus als bei Aufnahmen mit panchromatischen Filmen. Sie vermitteln aber trotzdem den Eindruck, der für die Bilder solcher Veranstaltungen nötig ist.

Auf die Möglichkeit überraschender unbemerkter Aufnahmen im Dunkeln, auf der Straße, bei aktuellen Ereignissen aller Art soll ebenfalls noch hingewiesen sein.

Für die Belichtung bei Kleinbildaufnahmen mit Agfa-Infrarapid-Film 750 mögen die bereits genannten Leitzahlen dienen (s. S. 49).

Aufklärung von Fälschungen

Wir haben nun schon die verschiedenartigsten Anwendungsgebiete der Infrarot-Photographie kennengelernt, aber immer wieder tauchen andere Möglichkeiten auf. Fälschungen von Schriftstücken durch die Photographie nachzuweisen, ist schon eine alte Methode. Verschiedene Wege wurden beschritten, um Fälschungen beweiskräftig festzustellen. So wurden farbenempfindliche Schichten in Verbindung mit Lichtfiltern angewendet. Sehr starke Vergrößerungen ließen oft die Fälschungen leicht erkennen. Auch stereoskopische und mikroskopische Aufnahmen halfen. Fälschungen aufzudecken. Die Infrarot-Photographie, mit der wir uns hier besonders befassen, ist ebenfalls bestens geeignet, wertvolle Dienste zu leisten. Bedenken wir, daß Tinte auf die mannigfaltigste Art hergestellt wird. Es gibt dadurch Farben der verschiedensten Nuancen. Wie viele Tinten erscheinen aber unserem Auge in der Färbung völlig gleich.

Ein Fälscher wird eine Tinte wählen, die in ihrem Aussehen der des Originals völlig gleicht. Im Infrarot wird aber nach unseren Erfahrungen durch das unterschiedliche Reflexionsvermögen ein Unterschied in der Wiedergabe auftreten. Ebenso ist es, wenn auf Papier geschabt oder radiert wird. Die Oberfläche des Papiers wird verändert und reflektiert bei einer Infrarot-Aufnahme besonders unterschiedlich.

Zwei Beispiele, die entgegenkommenderweise von der Oberpostdirektion Berlin, Abt. Sicherheit und Untersuchung, zur Verfügung gestellt wurden, sollen diese Ausführungen praktisch erläutern.

Eine Postanweisung (Abb. 100 Ausschnitt) war ursprünglich auf 200 DM ausgefertigt worden. Nachträglich wurde die 200 in 260 geändert. Bei der Betrachtung der Postanweisung war nicht zu erkennen, daß es sich um eine Fälschung handelte. Erst eine Infrarot-Aufnahme zeigte deut-

Infrarot-Aufnahmen aufgeklärter Fälschungen

Postanwei
auf 260 DM

Abb. 100.

Zahlen Sie gegen diesen
Scheck aus meinem Guthaben
für fünfzigtausend
Fälscher nicht angeben, wenn Betrag beim Postscheckamt bar gezahlt wird

Abb. 101.

Beide Aufnahmen wurden mit Agfa-Infrarot-R-Film hergestellt (diese Filmsorte gibt es nicht mehr. Sie wurde ersetzt durch den etwa viermal so empfindlichen Agfa-Infrarapid-Film 750). Agfa-Filter Nr. 42, Belichtung 3 Sek. Entwickelt in Agfa-Atomal. Veröffentlicht mit frdl. Genehmigung der Oberpostdirektion Berlin, Abt. Sicherheit und Untersuchung.

lich die Unterschiede in den verwendeten Tinten bei der 6 und gleichzeitig die ursprüngliche 0.

Bei einem Postscheck (Abb. 101 Ausschnitt) handelt es sich ebenfalls um eine Fälschung. Der ausgeschriebene Betrag war von „Einhundertfünf“ dadurch in „Einhundertfünfundneunzig“ umgeändert worden, daß radiert und nachgeschrieben wurde. Bekanntlich besteht die Vorschrift, hinter einer ausgeschriebenen Zahl im linierten Teil des Postschecks einen Strich zu setzen. Im vorliegenden Falle wurde der Strich radiert und an seine Stelle „undneunzig“ geschrieben. Als Fälschung waren bei der Betrachtung des Postschecks weder die Radierung noch die nachgeschriebenen Buchstaben zu erkennen. Mit Hilfe der Infrarot-Aufnahme wurde das Fehlen der dritten Linie von unten und die viel hellere Wiedergabe der nachgeschriebenen Buchstaben erkannt und damit der Beweis einer Fälschung erbracht.

Aufnahmen der Kriminalistik

Die Photographie ist ein aus der Kriminalistik nicht mehr fortzudenkendes Hilfsmittel. Die Infrarot-Photographie erweitert den Arbeitsbereich wesentlich, weil mit ihrer Hilfe dem Auge nicht sichtbare Dinge nachgewiesen werden können. Nicht selten sind schwere Verbrechen durch die Infrarot-Photographie aufgeklärt worden. In oft mühseliger, umfangreicher Kleinarbeit müssen vielfach Reihen von Aufnahmen vorgenommen werden, um unsichtbare Dinge durch die Infrarot-Photographie sichtbar zu machen. Das Allgemeininteresse an einer erfolgreichen Beweisführung bestimmter Verbrechen verbietet eine ausführliche Erläuterung.

Es gibt eine Reihe von Fällen, die besprochen werden können. Gefälschte Stempel und Schriften, die beispielsweise bei Urkunden nachträglich eingefügt wurden, unterscheiden sich in der Kontrastwiedergabe bei einer Infrarot-Aufnahme erheblich vom Urtext, wenn andere Tinte, Farbe oder Tusche benutzt wurde, da das Reflexionsvermögen auf Grund der unterschiedlichen Zusammensetzung anders ist. Hierher gehört auch das Sichtbarmachen von unsichtbaren Schriftzügen, die mit besonderen Lösungen geschrieben wurden. Je nach der verwendeten Flüssigkeit können die Schriftzüge durch die Infrarot-Photographie identifiziert werden. Durch Papier verdeckte Mitteilungen unter hinterklebten

Bildern können ohne Zerstörung oder Ablösung des Papiers photographiert werden. Ebenso kann die Schrift von Briefen durch den Umschlag sichtbar gemacht werden. Voraussetzung ist in diesen Fällen ein normales, nicht zu starkes Papier, das für Infrarot-Strahlen genügend durchlässig ist. In all diesen Fällen wird man sich der Infrarot-Platten Hart bedienen. Kommt der Infrarapid-Film 750 zur Anwendung, so wird man diesen möglichst kontrastreich entwickeln.

Tätowierungen, die durch künstliche Entzündung oder starke Bräunung der Haut unter der Quarzlampe oder Diathermiebehandlung unsichtbar wurden, lassen sich durch die Infrarot-Photographie einwandfrei darstellen. Dr. Miguel Jörg, Buenos Aires, berichtet, daß die Behörden eine Person suchten, von der weder Personalien, Fingerabdrücke noch Photographien vorhanden waren. Man besaß nur eine annähernde Beschreibung und Angaben, daß diese Person zwei Tätowierungen trug. Diese inzwischen beseitigten Merkmale konnten durch die Infrarot-Photographie nachgewiesen werden und somit konnte der Schuldige dem Gesetz ausgeliefert werden (12).

Schußniederschläge an Stoffen absorbieren die Infrarot-Strahlen sehr stark. Auch schwarze oder dunkle Stoffe heben sich deutlich ab, da diese Gewebe durch die stärkere Reflexion heller erscheinen. Nach Prof. Jan A. Neumann, Warschau (13), leitet die gerichtliche Medizin daraus ab, ob der Schuß aus der Nähe abgegeben wurde.

Nach Martin (14) lassen sich Blutflecke auf Kleidern nachweisen, wenn das geeignete Infrarot-Material verwendet wird.

Astrophotographie

Prinzipiell werden unter der Bezeichnung Astrophotographie verschiedene Verfahren zusammengefaßt: Am bekanntesten sind für den Nichtfachmann Aufnahmen mit Objektiven möglichst langer Brennweiten an Kameras des allgemeinen Bedarfs. Der Astronom bedient sich des Teleskops, Refraktors und der Schmidt-Kamera. Für spezielle Aufnahmen kommt das Sonnenkorona-Gerät in Betracht.

Oft sind sehr lange Belichtungen erforderlich, die sich bis zu Stunden ausdehnen. In solchen Fällen wird durch eine sinnvolle Mechanik ein Ausgleich geschaffen, so daß trotz der Drehung der Erde stets der gleiche Bildausschnitt des nächtlichen Sternhimmels festgehalten wird. Auch die astronomische Spektrophotographie hat große Erfolge gebracht.

Eine Erweiterung für astronomische Forschungen ist mit Hilfe der Infrarot-Photographie möglich geworden. Die Spektren des Saturn und seines Ringes wurden von Wildt (15) mit Infrarot-Platten aufgenommen. Ferner von Wildt und Meyer (16) die Spektren Jupiters und Uranus. Die Infrarot-Photographie von Nordlichtern ergab zwei scharfe infrarote Linien bei 788 und 810 $m\mu$, die möglicherweise dem Stickstoff zuzuordnen sind (17). Absorptionsbanden des Ammoniaks und des Methans wurden im Spektrum von Jupiter und Uranus durch Wildt (18) identifiziert.

Durch Aufnahmen von Nebeln mit Infrarot-Platten konnten zahlreiche Sterne nachgewiesen werden, die mit anderen photographischen Materialien nicht erfaßt werden konnten (19).

Eine Infrarot-Photographie des Planeten Mars ergab einen kleineren Durchmesser der Scheibe als bei der gewöhnlichen Photographie. Dies war ein Beweis für das Vorhandensein einer Marsatmosphäre. Das langwellige Infrarot wird weniger gebrochen als sichtbares Licht, und die Lichtstrahlen in einer Atmosphäre mit nach außen abnehmender Dichte werden deshalb weniger abgelenkt (20).

Medizinische Aufnahmen

Für Sonderaufgaben in der Medizin bewährte sich die Infrarot-Photographie schon in vielen Fällen. In neuerer Zeit wird sie für Forschungszwecke eingesetzt, über die hier noch nicht ausführlich berichtet werden kann, da noch keine abschließenden Ergebnisse bekannt geworden sind.

Alle neueren Arbeiten über die Strahlendurchdringung der Infrarot-Strahlen am lebenden Gewebe zeigen, daß die größte Durchlässigkeit im Gebiete des an der Grenze zum Infrarot liegenden sichtbaren Rot und im nahen angrenzenden Infrarot gegeben ist, nämlich bei 720 bis 800 $m\mu$ (21).

Für alle Untersuchungen, die auf der Strahlendurchlässigkeit der menschlichen Gewebe basieren, ist daher von einer Sensibilisierung der Platten zum langwelligen Infrarot nichts zu erwarten. Im Gegenteil, jenseits von 1400 $m\mu$ hört jede Strahlendurchlässigkeit der Gewebe auf.

Eine Steigerung der Empfindlichkeit von photographischen Infrarot-Aufnahmемaterialien würde jedoch die medizinischen Arbeiten wesentlich

erleichtern. Es könnten einerseits kürzere Belichtungszeiten verwendet und andererseits die notwendigen Lampen in ihrer Zahl wesentlich verringert werden.

An Aufnahmen von kleinen Küvetten (Flüssigkeitsschichtdicke 10 mm) zeigt Eggert (22) die Möglichkeit auf, Kohlenoxyd im Blut nachzuweisen. Kohlenoxydhaltiges Blut ist für die Infrarot-Strahlung durchlässiger. Die Verwendung von Agfa-Infrarot-Platten 750, 850 und 950 ergab bei diesen Untersuchungen nur geringe Unterschiede. Diese ursprünglich mit frischem Schweineblut durchgeführten Versuche wurden auf das Blut von Meerschweinchen und Menschen übertragen und die gewonnenen Ergebnisse konnten bestätigt werden. Eggert berichtet weiter: „Entnimmt man einer Vene nach einer leichten Kohlenoxydvergiftung einen Tropfen Blut und photographiert diesen auf einem Objektträger, zugleich mit einem Tropfen gesunden Blutes, im ultraroten Licht, so wird auf dem Positiv das vergiftete Blut weiß, das gesunde schwarz wiedergegeben. Selbst nachdem sich der Patient 45 Minuten an der frischen Luft erholt hatte, und wir auf dem üblichen spektroskopischen Wege in seinem Blute kein Kohlenoxyd mehr nachweisen konnten, zeigte uns die Infrarot-Aufnahme noch immer etwas von der für das Kohlenoxyd charakteristischen Durchlässigkeit für ultrarotes Licht.“

Erbslöh faßt die Arbeiten über Infrarot-Aufnahmen des Auges wie folgt zusammen: „Infrarot-Aufnahmen des Auges sind erstmalig 1933 von Dekking (23) gemacht worden. Bei infraroten Aufnahmen der Iris fand Dekking bei einer Wellenlänge von 810 $m\mu$, daß eine dunkelbraun pigmentierte Iris heller erscheint als eine blaue. Dabei sind die dunkel pigmentierten Trabekel heller als die anderen Teile der Iris. In einem Falle einer zweifarbigen Iris waren die braunen Anteile im Infrarotbild wesentlich heller als der restliche blaue Anteil. Bei beginnender Atrophie der Iris kamen die Teile, in denen die Chromatophoren zerstört und durch grauweißliches Bindegewebe ersetzt waren, dunkler als das gesunde Gewebe.“

Die Reflexion der Infrarot-Strahlen hängt von der Farbe des Augenpigments ab. Die rein braun pigmentierten Anteile der vorderen Irisoberfläche reflektieren infrarotes Licht stark und erscheinen daher oft gleich hell wie die Sklera. Dagegen ist in den Fällen, wo die braune Farbe durch das durchscheinende Pigment der Irishinterfläche verstärkt wird, die Reflexion des Infraroten geringer, wodurch die Iris in der

Berichtigung!

Seite 112:

Abb. 102. Agfa-Isochrom-Platte ohne Filter,
Hornhaut erscheint getrübt, Iris unsichtbarAbb. 103. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid, Filter 83,
Trübung durchleuchtet, Iris sichtbar

111-16-177 Lu 401-67 36-57

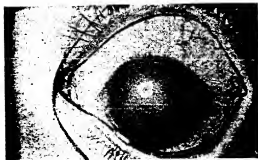


Abb. 102. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid, Filter Nr. 83, Trübung durchleuchtet, Iris sichtbar.



Abb. 103. Agfa-Infrarot-Platte, ohne Filter, Hornhaut erscheint getrübt, Iris unsichtbar.

Veröffentlichungen des wissenschaftlichen Zentral-Laboratoriums der photographischen Abt. „Agfa“, Bd. III, 1933, Eggert, Stand der Infrarot-Photographie.

Infrarot-Aufnahme dunkler erscheint. Der dunkel pigmentierte Rand der Pupille, der bei einer gewöhnlichen Photographie im Schwarz der Pupille verschwindet und der selbst bei einer Farbenphotographie nur schwer zu unterscheiden ist, ist auf Infrarot-Photographien leicht zu erkennen.“

Dekking konnte ferner darauf hinweisen, daß die Infrarot-Strahlen, genauso wie sie atmosphärischen Dunst durchdringen, auch durch eine trübe Cornea hindurchdringen können. Bei einem Falle von Keratitis parenchymatosa, wo die Trübung der Hornhaut jede Einsicht in das Innere des Auges unmöglich machte (Abb. 102), ergab die Infrarot-Photographie ein klares Bild der Iris (Abb. 103).

Medizinische Infrarot-Aufnahmen nach Achteing (vorderer Augenabschnitt Keratis parenchymatosa).

In gleicher Weise betont Mann (24), daß durch Infrarot-Aufnahmen in Fällen von intensiver Hornhauttrübung der Zustand der Pupille, die Anwesenheit von Synechien und das Vorhandensein von Irisdefekten auf angeborener oder operativer Basis einwandfrei geklärt werden kann.

Was den Augenhintergrund angeht, so kam Kugelberg (25) 1934 auf Grund zahlreicher Aufnahmen bei infrarotem und sichtbarem Licht zu der Auffassung, daß hier die Infrarot-Photographie zwar theoretisches

Interesse, aber keinen praktischen Wert besitzt. Es ist zwar theoretisch möglich, den Augenhintergrund durch eine getrübe Linse, z. B. beim grauen Star, zu photographieren und das Vorhandensein pathologischer Veränderungen in der Choriodea, in der Retina und im Bereich der Sehnerven festzustellen, aber praktisch nicht möglich, Trübungen, Blutungen und Pupillenveränderungen im Infrarotbild mit genügender Sicherheit zu differenzieren.

Für Messungen des Pupillendurchmessers bei der Dunkeladaption wurden Untersuchungen von Nagel und Klughardt (26) und von Gulbert, Ohnsted und Wagman (27) mit Hilfe von Infrarot-Aufnahmen durchgeführt. Für diese Methode bedient man sich der „Dunkelphotographie“, bei der das benötigte Filter nicht mehr vor das Objektiv, sondern in entsprechenden Abmessungen vor den Lichtquellen befestigt wird (s. S. 102/103). In diesen Fällen kommen Schwarzfilter, die alle sichtbaren Strahlen absorbieren müssen (s. S. 42/45), und die höher sensibilisierten Aufnahmematerialien in Betracht.

Über die Darstellung der Hautvenen in der Schwangerschaft und im Wochenbett mit Hilfe der Infrarot-Photographie berichtet Erbslöh (21 u. 28) sehr ausführlich und aufschlußreich. Er kommt zu folgender Feststellung: „Am frühesten treten graviditätsbedingte Veränderungen des Venennetzes im Bereich der Mammæ auf, später auch an den Beinen und am Abdomen. Bereits ausgebildete Varizen werden auch außerhalb der Schwangerschaft in vollem Umfang abgebildet.“ Einige der von Erbslöh verwendeten Arbeitsmethoden sollen hier noch im einzelnen besprochen werden.

Erbslöh erzielte mit Nitraphot- und Glühlampen hoher Wattzahl die besten Ergebnisse. Wegen der Schwankungen in der Spannung des Stromnetzes wird vorgeschlagen, die Aufnahmen zu solchen Zeiten durchzuführen, wenn die Spannung möglichst konstant ist. Das dürfte vorwiegend nachts der Fall sein. Das Photographieren während der Nacht ist aber selbst für stationäre Patienten nicht sehr günstig. Eine gleichbleibende Beleuchtung mit sehr guter Ausnutzung im Infrarot steht uns in den Blitzlampen zur Verfügung.

Wir sind damit nicht mehr abhängig von der Ungleichmäßigkeit des Lichtnetzes und erhalten die gleichen Ergebnisse. Die Lichtfülle von zwei Vakublitzern Nr. 1, die in etwa $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{50}$ Sek. abbrennen, entspricht der von 4 Nitrophatlampen bei 1 Sek. Belichtungsdauer.

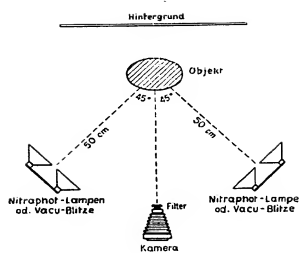


Abb. 104. Anordnung der Lichtquellen und der Kamera bei medizinischen Aufnahmen.

Die Darstellung der subkutanen Venen erfolgt am besten nach einer besonderen Anordnung (Abb. 104). Da es bei der Darstellung von Venen nicht auf die äußere Form des betreffenden Körperteiles ankommt, sondern vielmehr auf den Unterschied zwischen dem reflektierten und absorbierten Licht, müssen

Schattenbildungen und Oberflächenreflexe möglichst vermieden werden. Handelt es sich um ein Objekt größerer vertikaler Ausdehnung, so werden zweckmäßig je zwei Lampen untereinander gestellt.

Starke Behaarung der darzustellenden Körperpartie macht ein vorheriges Entfernen der Haare erforderlich. Bei Versuchen, die Durchlässigkeit der Haut für Infrarot-Strahlen durch Einreiben mit Glycerin oder Öl zu steigern, hat Erbslöh keinen erkennbaren Vorteil gefunden.

Vermehrte Venenzeichnung im Bereich der Brust bei einer Schwangerschaft im 5. Monat



Abb. 105. Normalaufnahme.

Abb. 106. Infrarot-Aufnahme.

Abb. 105 u. 106 aus Zentralblatt für Gynäkologie, 74. Jahrgang 1952, Heft 2, Seite 52, Abb. 1a u. 1b., Johann Ambrosius Barth.

Patientin mit normaler Venenentwicklung
4 Nitraphotlampen, Abstand
Lampen-Objekt 50 cm.



Abb. 107. Panchromatischer Porträtfilm 21/10° DIN · Blende 22,5 Belichtung 1/5 Sek."

Erbslöh kommt bezüglich der Leistungsfähigkeit der Infrarot-Photographie bei der Venendarstellung zu folgender Zusammenfassung:

„In der Literatur ist darüber ein Streit entstanden, ob auch Venen abgebildet werden, die mit bloßem Auge nicht zu sehen sind. Haxthausen (29) bejaht die Frage. Seiner Ansicht haben sich Paine (30),

Abb. 108. Agfa-Infrarot-Platte 950 Agfa-Rotfilter Nr. 42 · Blende 11 Belichtung 1 Sek."



Abb. 108.

* Die Klischees wurden freundlichst vom Verlag W. Girardet, Wuppertal, zur Verfügung gestellt. Sie sind der Arbeit von Erbslöh entnommen „Die medizinische Infrarot-Photographie“, Röntgen-Blätter, III. Jahrgang, 6. Heft, November 1950.

Hardy und Muschenheim (31) u. a. angeschlossen. Dagegen äußerten sich Barker und Julin (32), es sei fraglich, ob Venen, die mit bloßem Auge nicht gesehen werden können, auf Infrarot-Aufnahmen dargestellt werden. Wir sind dieser Frage noch einmal genauer nachgegangen und dabei zu folgenden Ergebnissen gelangt:

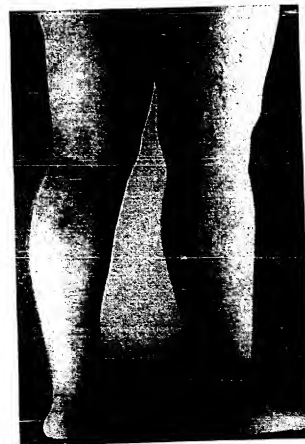
Das menschliche Auge ist als ein farbenempfindliches Organ besser in der Lage, feine bläulich durchscheinende Venenstämme aus der umgebenden Haut herauszudifferenzieren als die gewöhnliche orthochromatische oder pandromatische Platte. Der übliche Vergleich zwischen pandromatischen und Infrarot-Aufnahmen gibt daher kein wahrheitsgetreues Bild des vorhandenen Unterschiedes. Vergleicht man eine angefertigte Infrarot-Aufnahme später nochmals mit dem Aufnahmeobjekt, so gelingt es einem in einer ganzen Reihe von Fällen, mit dem Auge dem Verlauf der einzelnen dargestellten Venen zu folgen. Dagegen ist das Auge nicht in der Lage, zu einer so eindrucksvollen Gesamtübersicht über das gesamte vorhandene Venennetz zu kommen, wie sie die Infrarot-Aufnahme gibt. In anderen Fällen muß dagegen ohne weiteres zugestanden werden, daß es dem Auge auch bei bestem Willen nicht gelingt, die auf der Aufnahme dargestellten Venenzeichnungen zu erkennen. Es ergibt sich somit, daß die Infrarot-Photographie in manchen Fällen mehr leistet als in anderen. Der hier vorliegende Unterschied ist leicht zu klären. Er ist nämlich in der sehr verschiedenen Transparenz der menschlichen Haut bedingt. Aus eben diesem Grunde sind Frauen für Infrarot-Aufnahmen im allgemeinen besser geeignet als Männer und Kinder im allgemeinen besser als Frauen. Die besten Aufnahmen sind bei Menschen zu erzielen, die eine sehr transparente, zarte, wenig fettreiche Haut haben. Dabei ist nicht nur die Transparenz der Haut, sondern ebenso die Transparenz der Venenwand von Bedeutung, da die dunkle Färbung der Hautvenen im Infrarotbild ja nicht durch die Venenwand als solche, sondern vielmehr durch das dunkel hindurchscheinende Blut bedingt ist. Infolgedessen stellen sich die großen Venenstämme mit kräftiger Venenwand in der Regel schlechter dar, als man zu erwarten geneigt ist, wohingegen sich die feinen zarten Venen besonders gut abbilden. Aus dem gleichen Grunde heben sich auch durch Thrombose veränderte oder mit Hilfe von Injektionsmitteln verödete Venen schlecht aus der Umgebung hervor. Tief ins subkutane Fettgewebe eingebettete Venen gelangen sicher nicht zur Dar-

stellung. Bei tiefer liegenden Venen wird deren Darstellung noch dazu durch die Tatsache beeinträchtigt, daß eine starke Streuung des Lichtes in der oberflächlichen Haut stattfindet."

Ein photographischer Vergleich zwischen einem gewöhnlichen pandromatischen Film, dem Agfa-Infrarot-R-Film und der Agfa-Infrarot-Platte mit einem Empfindlichkeitsmaximum bei 950 m μ , zeigt zwischen den beiden Infrarot-Materialien nur einen geringen Unterschied (Abb. 109 bis 111). Er ist hauptsächlich technisch bedingt (Kleinbild gegenüber einer 9 \times 12-cm-Aufnahme).

Patientin 14 Tage nach Verödung von Varicen am linken Unterschenkel und unmittelbar nach Abnahme des Elastoplastverbandes.

Abb. 109. Aufnahme auf pandromatischem Film ohne Filter.
4 Nitraphotlampen zu je 500 Watt
in 50 cm Abstand.



Auf dem Gebiete der Dermatologie (21) hat sich die medizinische Infrarot-Photographie insbesondere da bewährt, wo es gilt, bei tief-sitzenden Hautaffektionen, die unter einem Schorf verborgen sind, einen Einblick in den Heilungsprozeß zu erhalten. So ist es z. B. bei in Behandlung befindlichen Lupusfällen möglich, durch den für das Auge undurchdringlichen Schorf mit Hilfe



Abb. 110. Dieselbe Pat. - Leica-Aufnahme mit Agfa-Infrarot-R-Film und Agfa-Rothfilter Nr. 42 Blende 5,6 · 1/10 Sek.

Venenzeichnung auf der Vergrößerung deutlich erkennbar.

der Infrarot-Photographie ein Bild vom Zustand des jeweiligen Heilungsprozesses zu erhalten. Daß die Infrarot-Photographie oberflächliche Hautveränderungen, wie etwa bei der Psoriasis, nicht wiederzugeben vermag, sei erwähnt. Ebenso wird in Fällen von Ekzemen nicht das Ekzem als solches, sondern nur die in Verbindung damit auftretende Erweiterung der regionären Blutadern dargestellt.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der Infrarot-Photographie liegt in der Abbildung von Operations- und Sektionspräparaten. Zimmermann (33) konnte an Hand eines Magenkarzinoms nachweisen, daß die Abgrenzung des Tumors gegen das gesunde Gewebe im Infrarotbild anders verläuft als bei der gewöhnlichen Aufnahme.

Es werden dabei Einzelheiten sichtbar, die auch mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind. Massopust (34) und Swindle (35) haben sich besonders damit befaßt, das Gefäßsystem anatomischer Präparate darzustellen. Sie injizierten dazu in die Arterien eine Mischung von Zinnober (HgS) und schwarzer Tusche und in die Venen reine schwarze Tusche. Auf diese Art und Weise wird das Arteriensystem bei Infrarot-Aufnahmen weiß und das Venensystem völlig schwarz dargestellt. Mills (36) hat sich hauptsächlich um die Darstellung silikotischer Lungen bemüht

Abb. 111. Dieselbe Pat. - Agfa-Infrarot-Platte 950, mit Agfa-Rothfilter Nr. 42 · Blende 11 · 1 Sek. Verbesserung der Venenzeichnung gering.



und konnte nachweisen, daß bei gewöhnlichen Aufnahmen eine große Anzahl der dunklen silikotischen Knoten vom Lungengewebe verdeckt wird, während auf Infrarot-Aufnahmen zahlreiche zusätzliche, mit bloßem Auge nicht mehr sichtbare silikotische Veränderungen in Erscheinung treten.

Für die technische Ausführung derartiger Aufnahmen hat sich folgendes Vorgehen als zweckmäßig erwiesen (21):

Das Präparat wird auf eine ausreichend große, horizontale Glasplatte gelegt. Diese Glasplatte befindet sich selbst in einiger Entfernung über einem hellen Untergrund, um eine gleichmäßige Beleuchtung des Untergrundes zu erzielen. Zwei Infrarotlampen werden in ca. 100 cm Abstand seitlich derart angebracht, daß keine störenden Reflexe möglich sind. Falls bei feuchten Präparaten Glanzlichter auftreten, empfiehlt es sich, einen lichtdurchlässigen Wandschirm zwischen den Beleuchtungsquellen und dem Präparat so anzubringen, daß das letztere nur von diffusem Licht beleuchtet wird.

Lassen sich die Präparate aus ihren Standgläsern nicht entfernen, wird das Gefäß gegen einen hellen Hintergrund gestellt. Bei der Aufnahme müssen Verzeichnungen durch Unregelmäßigkeiten der Glaswand vermieden werden. Die Belichtungszeit ist entsprechend zu verlängern.

In der Krebsforschung wurden mit Agfa-Infrarapid-Film 750 Untersuchungen durchgeführt (Dr. F. Menken, Gladbeck i. Westf.), die sich auf folgende Einzelheiten erstreckten: Gefäßveränderungen des Muttermundes, Noxen an den äußeren und inneren Genitalien, die eine Sterilität bedingen, Gefäßveränderungen bei Mammatumoren, die mit bloßem Auge unsichtbar sind. Die Belichtung erfolgte durch Ringblitz mit Ukatrongerät (El.-Ultrablitz 200 WS, Fa. Paffrath und Kemper, Köln). Die Ergebnisse lassen einen weiteren Fortschritt in der gynäkologischen Infrarot-Photographie erkennen. Vermutlich sind durch die Photokopie im Infraroten weitere Erfolge zu erwarten.

Mikrophotographie

Zur Herstellung mikroskopischer Präparate, besonders von Insekten und anderen kleinen Lebewesen, ist man, um durch die pigmentierte Haut hindurchsehen zu können, oft gezwungen, die Präparate mit geeigneten Chemikalien zu bleichen. Ein solches Verfahren ist meistens umständlich und für das Präparat selbst manchmal nicht unschädlich. Liegt mit dem Präparat gar ein Unikat vor, so ist seine mechanische oder chemische Beschädigung besonders unangenehm. Zerstörungsfreie Aufnahmen sind durch die Infrarot-Mikrophotographie möglich. Man kann durch das Durchdringungsvermögen der Infrarot-Strahlen die gleichen Wirkungen erzielen wie mit den erwähnten Ausbleichmitteln. Die besten Ergebnisse werden im Durchlicht erzielt. Die Infrarot-Strahlen durchdringen die Chitinschicht der Insektenpanzer mit Leichtigkeit. Aber auch Hornsubstanz, verkohlte Fossilien, Holz usw. ergeben bei der Durchleuchtung in Verbindung mit Infrarot-Materialien gute Resultate.

Rot oder ähnlich gefärbte Dünnschnitte erscheinen dem Auge einheitlich. Erst durch Infrarot-Aufnahmen werden Einzelheiten sichtbar, bedingt durch Unterschiede im Absorptionsvermögen der verschiedenen Stellen des Präparates.

Die Mikrophotographie in Verbindung mit Infrarot-Materialien erlaubt also eine Erweiterung der bekannten Arbeitsmethoden, weil sie selbst dann noch Resultate ermöglicht, wo das sichtbare Licht bei Durchleuchtungen nicht mehr durchdringt.

Als Lichtquelle dienen Mikroskopierlampen oder normales Nitralicht. Je nachdem, ob es sich um kontrastarme Präparate oder um solche mit hohen Kontrasten handelt, wird das Infrarot-Aufnahmematerial ausgewählt. Im ersteren Falle greift man zu den Infrarot-Platten Hart, im zweiten Falle zu den Infrarot-Platten Rapid. Wird mit der Kleinbildkamera gearbeitet, so bedient man sich des Infrarapid-Filmes 750, dessen Kontrast durch eine entsprechende Entwicklung gelenkt wird.

Die richtige Belichtungszeit ermittelt man vorteilhaft an einer Platte, auf die einige, um den Faktor 2 ansteigende Stufen aufbelichtet werden. Nach der Entwicklung sucht man die Stufe mit der gewünschten Dekkung heraus und belichtet die Aufnahme dementsprechend.

In der Scharfeinstellung bestehen keine größeren Schwierigkeiten bei Mikro-Infrarot-Aufnahmen, wenn mit Apochromaten gearbeitet wird. Sie sind für das gesamte sichtbare Spektrum korrigiert. Die Fokusdifferenz zwischen dem sichtbaren Rot und dem Infrarot ist bei ihnen verschwindend klein. Daß für Infrarot-Aufnahmen im Mikroskop ebenfalls Rot- oder Schwarzfilter zur Ausschaltung des sichtbaren Lichtes erforderlich sind, braucht wohl nicht besonders erwähnt zu werden. Wird zudem mit einem Filter scharf eingestellt und dann zur Aufnahme das benötigte dunklere Filter eingesetzt, sind Unschärfen nicht zu befürchten. An einigen Beispielen soll die Leistungsfähigkeit des Infrarot-Verfahrens erläutert werden. Zum Vergleich diene der hochorthochromatische Agfa-Fluorapidfilm und der Agfa-Infrarapid-Film 750. Als Lichtquelle wurde die im Mikroskop eingebaute Punktlichtlampe bei offener Blende benutzt.

Um das richtige Negativ zu erhalten, war eine Reihe von Aufnahmen mit etwas unterschiedlichen Belichtungszeiten nötig. Die aufgenommenen Objekte waren in Boraxkarmin gefärbt.

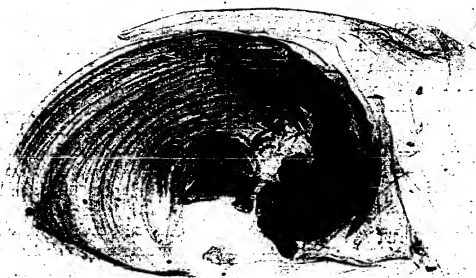


Abb. 112. Lepas (Entenmuschel).
Vergr. 1:25, 4fach nachvergrößert - Agfa-Infrarapid-Film 750, mit Agfa-Filter Nr. 42 · $\frac{1}{100}$ Sek.



Abb. 113. Lepas (Entenmuschel).
Vergr. 1:25, 4fach nachvergrößert - Agfa-Fluorapidfilm, ohne Filter · $\frac{1}{200}$ Sek.

Sagitta bipunctata (Pfeilwurm).
Vergrößerung 1:70, 4fach nachvergrößert.



Abb. 114. Agfa-Infrarapid-Film 750
Agfa-Filter Nr. 42 · $\frac{1}{100}$ Sek.



Abb. 115. Agfa-Fluorapid-Film, ohne Filter · $\frac{1}{200}$ Sek.

Die differenzierte Form der im Körperinnern liegenden Organe fällt an den drei Infrarot-Aufnahmen besonders auf. Es lassen sich bei Lepas z. B. die einzelnen Darmabschnitte genau unterscheiden. In der Medizin spielt die Infrarot-Photographie auf dem Gebiete feingeweblicher Untersuchungen eine nicht unbedeutende Rolle. Untersuchungen, die Calzavara und Betrand (37) im Infraroten durchführten, ließen Veränderung in der Feinstruktur des Plasmas und des Zellkerns erkennen, die mit bloßem Auge nicht sichtbar waren. Preissecker (38) bestätigt später diese Beobachtungen und fand besonders in rot gefärb-

Gammarus (Flohkrebs).
Vergrößerung 1:15, 4fach nachvergrößert.

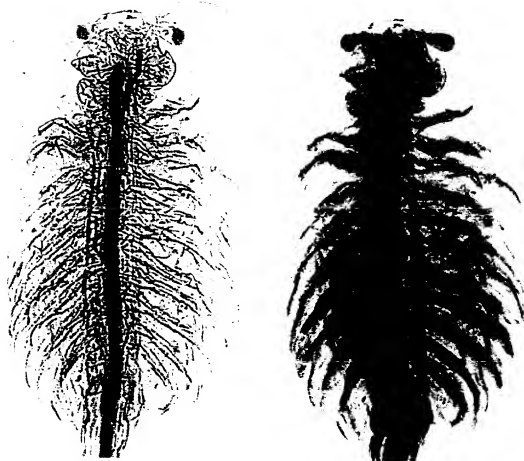


Abb. 116. Agfa-Infrarapid-Film 750
Agfa-Filter 82 · 1/200 Sek.

Abb. 117. Agfa-Fluorapid-Film, ohne
Filter · 1/200 Sek.

Aufnahmen: Werner Arndt

ten Bezirken Dichteunterschiede, die auf normalem Wege nicht zu erkennen waren. Blair und Davies (39) konnten bei Silberfärbung von Nervenfasern mit Hilfe von Infrarot-Aufnahmen weit mehr Einzelheiten erkennen als bei Verwendung gewöhnlicher Platten. Weitere Untersuchungen auf embryologischem Gebiete stammen von Massopust (40) und Nicholas (41).

Botanische Aufnahmen

In der Botanik läßt sich die Infrarot-Photographie auch für besondere Aufgaben mit Erfolg verwenden. Das Verhalten des Blattfarbstoffes, das schon mehrfach unter dem Begriff des Chlorophylleffektes besprochen wurde, leistet hierbei wertvolle Dienste. So läßt sich bei der Entwicklung des Blattes zu den verschiedenen Jahreszeiten das Chlorophyll durch Infrarot-Aufnahmen beobachten. Der Einfluß von Parasiten, Pilzen oder Verbrennungen durch Spritzmittel kann auf die gleiche Weise nachgewiesen werden. Krankheiten, von denen Pflanzen befallen werden, sind mit Hilfe der Infrarot-Strahlen leicht zu erkennen. Beginnende Nekrosen, z. B. an Kartoffelblättern, die dem Auge noch völlig verborgen sind, werden durch Infrarot-Aufnahmen sichtbar. In den kranken und absterbenden Stellen bilden sich Abbauprodukte, die die einfallenden Infrarot-Strahlen absorbieren. Diese Gebiete müssen daher auf der Abbildung dunkel erscheinen, während die übrigen Blattteile hell werden. Auch Schäden an Pflanzen durch Trockenheit, Dürre usw. sind mit Hilfe der Infrarot-Photographie zu erkennen. Eggert (42) hat die Erkenntnisse eingehend behandelt, woraus der Botaniker wichtige Schlüsse ziehen kann.

Mineralogische Aufnahmen

Minerale bildlich instruktiv darzustellen, bereitet wegen der Farben manchmal Schwierigkeiten. Auch hier hilft uns die Infrarot-Photographie, da die anorganisch chemischen Stoffe unserer Erdrinde die infraroten Strahlen außerordentlich verschieden reflektieren. Undurchsichtige Erzminerale ohne allzu große Anteile metallischer Bindung sind im Rot und vor allem im nahen Infrarot vielfach durchsichtig. Wo kein Bildwandler* zur intensiven Ausnutzung dieser Erscheinung für Forschungszwecke zur Verfügung steht, bedient man sich der Infrarot-Materialien. Je nach der verwendeten Kamera reichen der Agfa-Infrarapid-Film 750 oder auch Platten mit einem Empfindlichkeitsmaximum bis 800 m μ aus.

* Der Bildwandler ist ein elektronenoptisches Gerät, das die Umwandlung eines Infrarotbildes in ein Elektronenbild auf dem Leuchtschirm einer Braunschen Röhre ermöglicht.

Völlig undurchsichtige Mineralien in normalem Licht kristalloptisch zu untersuchen, unternahm David Malmquist, Uppsala (42). Um die Durchlässigkeit der Opakminerale zu prüfen, versuchte er, Aufnahmen von Achsenbildern zu machen. Zur Anwendung kamen Agfa-Infrarot-Platten 850, deren Empfindlichkeitsmaximum bei 855 m μ lag. Es zeigte sich dabei, daß Molybdänglanz in diesem Teil des Spektrums sehr durchlässig ist und ziemlich gute Achsenbilder gibt. Je nach der Dicke der Spaltblättchen waren Belichtungszeiten von 4 bis 12 Minuten erforderlich. Der Antimonglanz ist zwar auch sehr durchlässig, gibt aber keine deutlichen Interferenzbilder, was möglicherweise durch die Oberflächenschichten beim Verschleifen bedingt ist. Platten von Eisenglanz und Arsenkies, die eine Dicke von etwa 20 μ hatten, gaben keine Resultate, da die Durchlässigkeit zu gering war.

Spektralphotographie

Über die astronomische Spektrographie war unter dem Abschnitt Astrophotographie schon kurz gesprochen worden. Zur Erkennung der Elemente in der Chemie und zur Materialprüfung wird die Spektralanalyse benutzt. Das Gebiet des sichtbaren Lichtes läßt sich durch Verwendung geeigneter Materialien erweitern. Wenngleich nur eine Ausdehnung bis etwa 1110 m μ durch das Infrarot-Material möglich ist, so bedeutet die Auffindung von ultraroten Emmissions- und Extinktionslinien chemischer Elemente und Verbindungen doch schon einen großen Erfolg.

Das Rotationsschwingungsspektrum des Azetylens wurde von Hedfeld und Mecke (43) aufgenommen und drei Absorptionsbanden zwischen 700 und 900 m μ festgestellt. Scheib und Lueg (44) ermittelten auf die gleiche Weise die Rotationsschwingungsbande des Äthylens. Hingewiesen sei auf die Arbeiten von Childs und Mecke (45) über die Sauerstoffbande und auf die Arbeiten von Brodersen (46) und Mahla (47) über die infraroten Bandenspektren des Calcium- und Strontiumoxyds. Eggert (48) gibt sehr interessante und aufschlußreiche Forschungsergebnisse und genaue Methoden der Spektrographie in den Veröffentlichungen des wissenschaftlichen Zentral-Laboratoriums Agfa Wolfen bekannt.

Warenprüfungen

Mit dieser Bezeichnung soll nicht der Anschein erweckt werden, als könne jedes Material und jede Ware mit Hilfe der Infrarot-Photographie geprüft werden. In erster Linie kommen unter diesem Begriff Waren in Betracht, die durch Färbungen eine Nachbehandlung erfahren haben oder solches Material, in das die Infrarot-Strahlen bis zu einer bestimmten Tiefe eindringen können. Als Folge des anders gearteten Absorptions- und Reflexionsvermögens im Infrarot können hier Prüfmethoden entwickelt werden, die eine viel größere Beachtung verdienen.

So kann durch die Infrarot-Photographie an Textilien bestimmt werden, welche Gewebe und Färbungen Wärmestrahlen absorbieren, also speichern würden, bzw. welche die Strahlen reflektieren. Nicht jeder dunkle oder gar schwarze Stoff trägt sich im Sommer unangenehm, weil er zu „warm“ ist.

Gibt eine Infrarot-Aufnahme den Stoff im Positiv hell wieder, so ist das ein sicheres Zeichen, daß es sich nicht um einen warmen Stoff handelt.

Die Farbstoffe können schon vor ihrer Verarbeitung auf ihre Brauchbarkeit geprüft werden. Vorteilhaft schafft man sich Teste, aus denen hervorgeht, wie sich der Farbstoff gegenüber einer Ware verhält. Sodann läßt sich durch Vergleichsaufnahmen das spätere Verhalten des Farbstoffes schon vor der Verarbeitung feststellen.

Von P. W. Dankwort, Hannover, liegt in dieser Hinsicht eine sehr interessante Arbeit (49) für textiltechnische Untersuchungen vor. Um eine Gesetzmäßigkeit zu finden, welche schwarzen Farbstoffe infrarotes Licht reflektieren und welche nicht, wurden Tuchmuster mit 231 Säure- und Chrom-Farbstoffen eingefärbt und mit Infrarot-Film photographiert, sodann wurde die Schwärzung des Films photometrisch ermittelt.

In einer Tabelle sind die Ergebnisse zusammengestellt und nach steigenden Schwärzungswerten geordnet. Die Arbeiten wurden allerdings mit einem Agfa-Infrarot-Film besonderer Anfertigung durchgeführt. Das Empfindlichkeitsmaximum lag bei 850 m μ . Mit dem Agfa-Filter Nr. 85 schaltete man alle Wellenlängen unter 820 m μ aus, so daß ein nur verhältnismäßig schmaler Wellenbereich verwendet wurde.

Bei mikroskopischen Aufnahmen im Durchlicht läßt sich an Fasern und Fäden sehr dunkler Färbung der innere Aufbau im Infraroten genau erkennen. Bruchstellen und andere Schäden, die dem Auge verborgen bleiben, werden sichtbar und die Fabrikation einer solchen Ware kann auf Grund dieser Erkenntnisse entsprechend gesteuert werden. Aber nicht nur im Durchlicht, sondern auch im Auflicht können gerade an Stoffen Oberflächenveränderungen und Fremdauflagerungen sichtbar gemacht werden. Störend wirken sich dabei die Glanzstellen aus, weshalb gerade bei Kunstlicht-Aufnahmen mit sehr diffusem Licht gearbeitet werden muß. Dadurch wird die Belichtungszeit allgemein erheblich verlängert, sie kann aber im Interesse einer guten Erkennbarkeit in Kauf genommen werden. Einer Materialprüfstelle gelang es zum Beispiel, einen streng lokalisierten Lagerungsschaden, der anderen chemisch-physikalischen Prüfverfahren verschlossen blieb, durch eine Infrarot-Aufnahme örtlich zu fixieren und auf Grund der Ausdehnungsfläche zu beweisen, daß nicht mechanische Einwirkung, sondern eine chemisch-biologische Einwirkung die Grundursache der Beschädigung war, sich aber in einem rein mechanischen Effekt auswirkte. Die Aufnahme dieses Gewebes erfolgte mit Auflicht, wobei Infrarot-Hellstrahler zur Anwendung kamen.

Paläontologische Aufnahmen

Das bei Merseburg gelegene Geiseltal lieferte bei Ausgrabungen auf dem Gebiete der paläontologischen Forschung bedeutende Funde. Für die in den Braunkohlenschichten eingebetteten Fossilien erwies sich die Infrarot-Photographie als ein wichtiges Mittel für die Forschung (50). So zeigen die Knochen von Tierleichen in den 30 Millionen Jahre alten Kohlenlagern bei Infrarot-Aufnahmen ein anderes Reflexionsvermögen als die sie umgebende Braunkohle. Aber nicht nur Knochen, auch andere Objektteile werden bei der Infrarot-Photographie anders dargestellt, als sie das Auge wahrnimmt. Interessant ist ferner die Tatsache, daß pflanzliche Funde mit Hilfe der Infrarot-Photographie zu wichtigen Erkenntnissen führten. Das schon mehrfach erwähnte Chlorophyll spielt hierbei eine besonders große Rolle. Noch nach den erwähnten Millionen von Jahren ist der Farbstoff des Blattgrüns gegenüber einer Infrarot-Aufnahme wirksam. So konnten die Formen von Blättern mit ihrer

Blattfund aus den Oberlausitzer Braunkohlenschichten.
Aufnahmen unter Verwendung von zwei Nitraphotlampen je 500 Watt.



Abb. 118. Agfa-Isopan-Platte · Blende 9
1/2 Sek.

Abb. 119. Agfa-Infrarot-Platte 800 Ra-
pid · Agfa-Filter Nr. 83 · Blende 9 · 6 Sek.

Aufnahmen: Erika Wege

Aderung genau ermittelt werden. Sie ließen sich dadurch leicht einer bestimmten Art zuordnen.

Es gibt Methoden, die Funde durch chemische Behandlung (beispielsweise das Bleichen mit Wasserstoffsuperoxyd) der Forschung dienstbar zu machen. Immer bedeutet eine solche Behandlung aber eine Gefahr für den Fund. Leicht kann er verletzt oder gar unbrauchbar werden. Deshalb wird man zunächst den Fund durch eine Infrarot-Aufnahme sichern und erst danach eine chemische Behandlung vornehmen.

Eine reiche Fundstelle an tertiären Pflanzenresten der Oberlausitzer Braunkohlenschichten ist der Hasenberg bei Kamenz. Tierische Reste wurden hier praktisch nicht gefunden, da die bei der Inkohlung dieses Gebietes entstehenden Schwefel- und Humussäuren alle kalkhaltigen Bestandteile, wozu Knochen und Weichtierschalen gehören, auflösten. Um so reicher sind hier die Funde an Samen, Steinkernen, Zapfen und Blättern.

Das Exemplar eines Blattes, freundlichst übermittelt durch Dr. K. Berger, Kamenz, wurde wegen der unbedingten Erhaltung mit Kaliumchromat gehärtet, in Gelatine eingebettet und zwischen zwei Glasscheiben aufbewahrt. Nach kurzer Zeit war das Blatt so nachgedunkelt, daß das Auge sowohl in der Aufsicht als auch in der Durchsicht nichts mehr erkennen konnte als die äußere Form (Abb. 118). Eine Infrarot-Aufnahme ließ den inneren Bau und die Aderung des Blattes in allen Einzelheiten deutlich in Erscheinung treten (Abb. 119). Das überaus starke Reflexionsvermögen des Chlorophylls hatte bei der Aufnahme seine Wirkung ausgeübt.

Im Interesse erfolgreicher Infrarot-Photographie sollten besondere Erfahrungen mit Infrarot-Materialien der Allgemeinheit zugänglich werden. Der Verfasser bittet daher, über besonders interessante Infrarot-Arbeiten zu berichten, um sie in einer künftigen neuen Auflage des Buches verwerten zu können. Eine solche Zusammenarbeit sichert der Infrarot-Photographie bestimmt weitere Erfolge.

LITERATURNACHWEISE

- (1) Gehne, H., Feingerätetechnik I, 1952, 117—121.
- (2) Naumann, H., Optik, 10. Band, 1953, 413—422.
- (3) Naumann, H., Abhandlg. d. Braunsch. Wissensch. Ges., Bd. VI, 1954, 107—112.
- (4) Naumann, H., Arch. f. Techn. Mess., V, 1954, 44—11.
- (5) v. Angerer, E., Z. S. f. angew. Photogr., Jahrg. 1 und 2, 1939/40, 73—80.
- (6) Forsythe, W. E., u. Christison, F. L., J. Optical Soc. Am. 1930, 20, 693—700.
- (7) Trivelli, A. P. H., Bericht u. d. VIII. Intern. Kongr. f. wissensch. u. angew. Photogr., Dresden 1931, 313.
- (8) Plotnikow, J., Photogr. Korr., 74. Band, 1938, S. 54.
- (9) Müller-Skjold, F., Schmidt, H., Wehlte, K., Z. S. f. angew. Photogr., Jahrg. 1 und 2, 1939/40, 137.
- (10) Morris, R. B., u. Spencer, D. H., Brit. J. Photographie 87, 1940, 288.
- (11) Rieck, J., Kino-Technik, 1952, 172—174.
- (12) Jörg, M., Photogr. Korr., 74. Band, 1938, 148.
- (13) Neumann, Jan A., Photogr. Korr., 74. Band, 1938, 151.
- (14) Martin, F. W., Brit. Med. J., 1933, 1., 1025—1026.
- (15) Wildt, R., Nachr. Ges. Wiss. Göttingen Math. Phys. Kl. 1932, 356.
- (16) Wildt, R., u. Meyer, E. J., Z. S. f. Astrophysik 3, 1931, 354.
- (17) Störmer, C., Physik. Ztschr. 33, 1932, 543; L. Vegard, Die Naturwissenschaften 20, 1932, 268 u. 720, W. Bauer, Die Naturwissenschaften 20, 1932, 287; C. Ramsauer u. A. Kalähne, Die Naturwissenschaften 20, 1932, 721.
- (18) Wildt, R., Die Naturwissenschaften 20, 1932, 851.
- (19) Brügel, W., Physik und Technik der Ultrarotstrahlung, Verlag Curt R. Vincents, Hannover 1951.
- (20) Rüchardt, E., Sichtbares und unsichtbares Licht, Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg 1952.
- (21) Erbslöh, J., Röntgen. Blätter, III. J., H. 6, 1950, 305—319; H. 9, 1951, 22—43.
- (22) Eggert, J., Veröff. Agfa Bd. IV, 1935, 110—113.
- (23) Dekking, H. M., Graefes Arch. Ophthalmol., 1933, 130, 373—374, 1934, 133, 20—25.
- (24) Mann, W. A., Arch. Ophthalmol., 1935, 13, 985—991.
- (25) Kugelberg, J., Acta Ophthalmol., 1934, 12, suppl. 3, 179—190.

- (26) Nagel, M., u. Klughardt, A., Z. Physik, 1936, 101, 372-373.
 (27) Gulbert, J. C., Ohnstedt, J. M. D., u. Wagman, J. H., Am. J. Physik, 1938, 122, 160-166.
 (28) Erbslöh, J., Zentralbl. f. Gynäkologie, 1952, 2, 52-58.
 (29) Haxthausen, H., Dermatol. Wochschr., 1933, 97, 1289-1292.
 (30) Payne, R. T., Lancet, 1934, 226, 235-236.
 (31) Hardy, J. D., u. Muschenheim, C., J. Chin. Investigation, 1936, 15, 1-9.
 (32) Barker, N. W., u. Julin, L. A., Proc. Staff Meetings Mayo Clinic, 1934, 9 (ser. V), 68-70.
 (33) Zimmermann, C., Agfa-Röntgen-Blätter, 1936, 6, 26-32, Radiography and Chin. Phot., 1939, 15, 31.
 (34) Massopust, L. C., Arch. Path., 1937, 23, 67-70.
 (35) Swindle, P. F., J. Biol. Phot. Assoc., 1940, 8, 105-110.
 (36) Mills, G., Radiography and Chin. Phot., 1937, 13, 12-13.
 (37) Calzavara, E., and Bertrand, J., and Hadzigeorgiou, G., Ann. mid., 128, 24, 119-136.
 (38) Preissecker, E., Wien. Klin. Wochschr., 1931, 2, 1458-1460.
 (39) Blair, D. M., and Davies, F., Lancet, 1933, 225, 1 1113-1114, II, 801.
 (40) Massopust, L. C., J. Biol. Phot. Assoc., 1936, 5, 20-24.
 (41) Nicholas, J. S., J. Biol. Phot. Assoc., 1936, 5, 3-13.
 (42) Eggert, J., Die Naturwissenschaften 18, 1935, 282-284.
 (43) Hedfeld, K., u. Medcke, R., Z. S. für Physik, 1933, 81, 764.
 (44) Scheib, W., u. Lueg, O., Z. S. für Physik, 1933, 81, 764.
 (45) Childs, W. H. J., u. Medcke, R., Z. S. für Physik, 1931, 68, 344 u. 382.
 (46) Brodersen, P. H., Z. S. für Physik, 1932, 79, 613.
 (47) Mahla, K., Z. S. für Physik, 1933, 81, 625.
 (48) Eggert, J., Veröff. Agfa Bd. IV, 1935, 104-108.
 (49) Dankwort, P. W., Hannover, Z. S. f. angew. Photogr. Jahrg. 1 u. 2, 1939/40, 48-50.
 (50) Eggert, J., Veröff. Agfa Bd. V, 1937, 283-289.

Weitere Infrarot-Literatur:

- Deribéré, Maurice
 La photographie à l'infrarouge.
 Verlag Montel, Paris.
 Clark, Walter
 Photography by infrared. Its Principles and Applications.
 2. Aufl.
 Verlag John Wiley u. Sons, New York, 1946.

STICHWORTVERZEICHNIS

- Abblenden 41
 Abdomen 113
 Absorptionsbanden 110, 126
 Aerophotogrammetrie 83, 102
 Antimonglanz 126
 Arsenkies 126
 Arteriensystem 118
 Astronomische Forschungen 110
 Astronomische Spektrographie 109
 Astrophotographie 109
 Atrophie der Iris 111
 Aufklärung von Fälschungen 106
 Auflösungsvermögen 22
 Aufnahmefilter 41, 42, 43, 44, 45
 Augenhintergrund 113
 Auszugsverlängerung 38
 Bandenspektren 126
 Belichtung 46, 49, 89
 Belichtungsmesser 46, 63
 Belichtungsverlängerung 46, 47, 89
 Bildmessung 100
 Bildwandler 125
 Blaugrün 50
 Blauer Himmel 50, 52, 55, 56, 61, 62, 77
 Blende 37
 Blitzlampen 9, 13, 48, 49, 102, 103, 113
 Blitzlichtpulver 9, 13
 Blitzröhren 9, 13, 48, 49, 102, 103
 Blutflecke 109
 Bodennebel 84
 Braunsche Röhre 125
 Brennweite 36
 Brennweitenverlängerung 36
 Brillenglas 74
 Chitinschicht 120
 Chlorophylleffekt 56, 70, 81, 84, 125, 128, 130
 Choriodea 113
 Chromatophoren 111
 Daguerreotypen 91, 92, 93
 Dermatologie 117
 Desensibilisator 30
 Dunkelblitz 106
 Dunkelkammerbeleuchtung 24
 Dunkelkammerschutzfilter 24, 30
 Dunkelphotographie 102, 104, 113
 Dunstschichten 69, 101, 102
 Durchdringen von Wolken 82
 Durchlässigkeit von lebendem Gewebe 110, 114
 Ekzem 118
 Elektromagnetische Wellen 9
 Empfindlichkeit 21, 25
 Empfindlichkeitsmaximum 17
 Entenmuschel 122
 Entwickeln 25
 Entwickler 26, 27, 28, 29
 Entwicklungstemperatur 25
 Entzifferungen 96
 Einstellpunkt 36
 Einstellung 37
 Eisglanz 126
 Eisdrank 23
 Erzminerale 125
 Fälschungen 97, 106, 108
 Farbenempfindlichkeit 14, 15, 21

Färben von Lampen 103
 Feinkornentwickler 22
 Feinstkornentwickler 22
 Fernaufnahmen 74
 Ferne 52, 69, 101
 Fernsichten 68, 69, 72, 73
 Filter 41, 42, 43, 44, 45, 55
 Fixieren 31
 Flohkrebs 124
 Fokussdifferenz 36, 37, 121
 Fossilien 120, 128

 Gamma 19, 25
 Gamma-Strahlung 10
 Gefäßveränderungen 120
 Gegenlicht 51, 75
 Gelb 51
 Gemäldeuntersuchungen 97
 Geographie 83
 Gesamtspektrum 9
 Glühende Körper 13
 Gradation 19, 83
 Grauer Himmel 51, 57
 Grauer Star 113
 Grauwerte 50, 77, 85
 Grün von Nadelbäumen 50

 Haltbarkeit 23
 Hautvenen 113, 116
 Helligtentwicklung 30, 31
 Hertzsche Wellen 10
 Holzkassetten 24
 Hornsubstanz 120

 Infrarot 12, 13, 16
 Infrarot-Dunkelstrahler 13
 Infrarot-Hellstrahler 13
 Infrarot-Material 15, 16, 17, 21
 Infrarote Strahlen 12, 13, 14, 49, 78
 Inkohlung 130
 Interferenzbilder 126
 Iris 111

 Kameras 35
 Kohlenoxyd im Blut 111
 Kontrast 25, 26
 Kopieren 58, 59, 60
 Korndurchmesser 22
 Körnigkeit 21, 22, 33
 Körperfarben 12

Kosmische Strahlung 10
 Krebsforschung 120
 Kriminalistik 108
 Kryocyanyinplatten 84
 Kühlschrank 23
 Kunstlichtquellen 9

 Laufzeiten 23
 Leitzahl 49
 Licht 9
 Lichtthofschutz 22
 Lichtquellen 13
 Luftbildaufnahmen 75, 83
 Luftbildkammer 102

 Magenkarzinom 118
 Mamee 113
 Mammatumör 120
 Medizinische Aufnahmen 110
 Mikrophotographie 120
 Mikroskopierlampen 121
 Minerale 125
 Mitlicht 53
 Molybdänglanz 126
 Mondlichteffekt-Aufnahmen 55, 56, 60,
 65
 Muttermund 120

 Nachkopieren 58
 Nebel 80, 81
 Nervenfasern 124
 Neu-Cocain 90
 Nordlicht 110
 Noxen 120

 Objektive 35, 36, 39, 74, 121
 Opakminerale 126
 Operationspräparat 118
 Orthochromatische Schicht 14
 Orthopanchromatische Schicht 14

 Paläontologische Forschung 128
 Parasiten 125
 Pfeilwurm 123
 Photogrammetrie 100
 Pilze 125
 Psoriasis 118
 Punktlichtlampe 121
 Pupillendurchmesser 104, 113
 Pupillenveränderungen 113

Raketen 84
 Rapidentwickler 22
 Reflexionslichthof 22
 Refraktor 109
 Reproduktionen 91, 93, 94, 95, 97, 98
 Retina 113
 Retusche 85, 87, 97
 Röntgen-Strahlen 10
 Rot 51
 Rötungen 87
 Rundfunkwellen 10

 Scharfeinstellung 36, 37, 38, 77, 90, 95,
 121
 Schnittweite 36
 Schußniederschläge 109
 Schwammepandym 72
 Schwangerschaft 113
 Schwärzungskurve 19, 20
 Sektionspräparat 118
 Sensibilisierung 14, 16, 17
 Sensibilisierungsmaximum 17, 21
 Sichtbares Licht 9, 10, 11
 Silberkörner 21
 Silikagel 23
 Sklera 111
 Sonnenkorona-Gerät 109
 Spektralanalyse 126
 Spektrale Empfindlichkeit 17
 Spektralfarben 11, 12
 Spektren 110
 Spektrum des sichtbaren Lichtes 11, 12
 Spiegelobjektive 36
 Spiegelteleskop 36
 Strahlende Körper 13
 Streuung des Lichtes 78

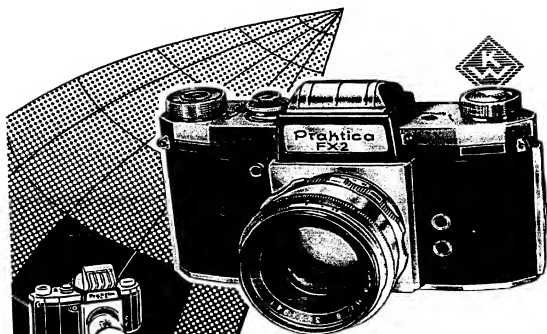
Tankenentwicklung 26
 Tätowierungen 109
 Täuschung 55
 Teleskop 109
 Tertiäre Pflanzenreste 130
 Textiluntersuchungen 127
 Thrombose 116
 Tonabstufung 50
 Trabekel 111
 Trocknung 33
 Trübe Medien 78
 Tumor 118

 Übersensibilisierung 33, 34
 Ultrarot-Strahlung 10, 12, 13
 Ultraviolett-Strahlung 10, 12
 Unendlicheinstellung 38, 40
 Unsensibilisierte Schicht 14
 Unsichtbare Strahlen 12
 Unterbrecherbad 31

 Varizen 113, 117
 Venen 114, 116, 117
 Venennetz 113, 116
 Vergilte Vorlagen 93, 94
 Verhaltensforschung 104
 Verlängerungsfaktoren 47, 48
 Vermessung 100
 Verstellwerte 38, 39, 40
 Vordergrund 52

 Wärmestrahlen 127
 Wässerung 32
 Weiße Wolken 50, 51, 54
 Wodenbett 113
 Woodeffekt 70

 Zellkern 123



*Von der Fernaufnahme
bis zum Makrophoto...*

beherrscht die bewährte Praktica nahezu alle Aufnahmegattungen. Dem technischen Fortschritt entsprechend, erhält diese einlagige Kleinbild-Spiegelreflex einen fortschrittlichen und konstruktiv verbesserten Lichtschutz, der das neue und leistungsfähigere KW-Umkehrprisma in sich aufnehmen kann.

Ansprechendere Objektive, Schließerverschluß (1/125 bis 1/500 Sek. und B), einladende Arbeitsweise bei größter Zuverlässigkeit, sind auch weiterhin die Hauptmerkmale der Praktica. Über 200.000 dieser einlagigen Spiegelreflex haben in mehr als 40 Ländern bisher zahlreiche Freunde gefunden.

PRAKTICA FX2

24 x 36 mm

VEB

KAMERA-WERKE NIEDERSEDLITZ DRESDEN A 17



**DER NEUE INFRAROT-FILM
MIT GESTEIGERTER
EMPFINDLICHKEIT**

**FÜR WISSENSCHAFT
UND TECHNIK**

**FÜR DEN AMATEUR
UND DIE KINETECHNIK**

VEB FILMFABRIK AGFA WOLFEN

DIE FOTOGRAFIE

Zeitschrift für gestaltende und dokumentarische Fotografie.
Erscheinungsweise: monatlich 1 Heft.
Umfang: 28 Seiten und 4 Seiten Umschlag.
Format: DIN A 4. Preis je Heft DM 2,—.

FOTO-FALTER

Monatsblätter für Freunde der Fotografie.
Erscheinungsweise: monatlich 1 Heft.
Umfang: 32 Seiten und 4 Seiten Umschlag.
Format: DIN A 5. Preis je Heft DM —,80.

FILM FÜR ALLE

Zeitschrift für das Amateur-Filmschaffen.
Erscheinungsweise: zweimonatlich 1 Heft.
Umfang: 32 Seiten und 4 Seiten Umschlag.
Format: 17×24 cm. Preis je Heft DM 1,—.
Erscheint ab März 1956.

FOTOTECHNISCHE RUNDSCHAU IN WISSENSCHAFT UND PRAXIS

Eine technisch-wissenschaftliche Zeitschrift für Foto-Optik,
Foto-Chemie und angewandte Fotografie.
Erscheinungsweise: zweimonatlich 1 Heft.
Umfang: 32 Seiten und 4 Seiten Umschlag.
Format: DIN A 5. Preis je Heft DM 1,20.

FOTOGRAFIK

Erscheinungsweise: vierteljährlich 1 Heft.
Umfang: 16 Seiten und 4 Seiten Umschlag.
Format: 24,5×31 cm. Preis je Heft DM 3,—.

Probhefte erhalten Sie direkt vom Verlag

VEB WILHELM KNAPP VERLAG · HALLE (SAALE)



Der tatsächliche Wert einer Kleinbild-Kamera liegt nicht allein
in ihrer technischen Vollkommenheit. Was z. B. die CONTAX F



CONTAX FB so

begehrter macht, ist ihr so ungewöhnlich reich.



haltiges Zubehör

wodurch diese Kamera praktisch alle Spezialgebiete der

Photographie erschließt. Ob Nah- oder Fernaufnahmen mit den ver-



schiedenen

Brennweiten der Auswechselobjektive, ob für wissen-



schaftliche Zwecke Mikroaufnahmen oder



Reproduktionen für den

Betrieb gebraucht werden immer ist diese

Spitzenkamera den

Aufgaben gewachsen.



VEB ZEISS IKON DRESDEN



EXAKTA

Makro- und Mikro-Fotografie

Von Georg Fiedler.
181 Seiten. 106 Abbildungen im Text. 29 Makro- und Mikroaufnahmen. 8 Farbbilder im Anhang. Leinen DM 9,60.

Unverkennbar ist das Bestreben, in Wissenschaft und Technik die Kamera in einem Umfang einzusetzen, der vor einigen Jahrzehnten noch nicht zu ahnen war. Dabei erhebt sich die Frage nach dem Kamerateyp, der dem Wunsch nach universeller Anwendungsmöglichkeit am weitesten entgegenkommt und bei geringstem Aufwand optimale Ergebnisse liefert. Die bisherige Erfahrung und Entwicklung haben gelehrt, daß die einäugige Spiegelreflexkamera, wie sie in der EXAKTA Varex vorliegt, mit weitem Vorsprung herrscht. - Im Rahmen des vorliegenden Buches werden zwei der wissenschaftlichen und technischen Einsatzmöglichkeiten der EXAKTA von Diplom-Optiker Georg Fiedler, einem jahrzehntelangen Praktiker auf diesen Gebieten, in der notwendigen Beschränkung auf das Wesentliche klar behandelt. Für den Leser ergibt sich daraus die Gewißheit, daß er im Buch nur exaktes Wissen aus eigener Erfahrung findet. Selbstverständlich geht es dabei nicht ohne theoretische Grundlagen ab. Der Verfasser hat aber stärksten Wert darauf gelegt, daß die Praxis den Vorrang behält. - Wissenschaftler und Techniker, aber auch Studenten fast aller Disziplinen werden in diesem Buch eine wichtige Hilfe und Anleitung für ihre Arbeit finden.

FARBEN-FOTO-PRAXIS

Handbuch der Farbenfotografie

Von Dr. Otto Watter.
176 Seiten. Mit 30 Abbildungen und 18 Farbtafeln. 2. Auflage 1956.
Leinen DM 11,-.

Farbig fotografieren und nicht bunt ist der Wunschtraum vieler Fotofreunde. Der bekannte Fotofachmann und Agfa-Farbenspezialist Dr. Watter, der die Note seiner Fotofreunde kennt, hat es übernommen, in seiner „Farben-Foto-Praxis“ ein Lehr- und Handbuch zu schaffen, das der Farbenfotografie neue Freunde gewinnen wird. Denn in Abwandlung des bekannten Werbesatzes können wir heute mit Recht sagen: „Wer farbig fotografiert, hat mehr vom Leben.“

VEB WILHELM KNAPP VERLAG · HALLE (SAALE)

Jenaer Rundschau

aus JENA

1



Regelung und Kontrolle der praktischen Arbeit verwirklicht, mit dem Carl Zeiss vom ersten Tag an seine Werkstätte zu einer „hohen Schule subtiler Technik“ machte. Nur so können die dauernd steigenden Anforderungen an höchste Qualität und Funktion unserer Geräte und nach neuen Geräten für immer neue Anwendungsgebiete erfüllt werden.

Die Ausstellung der Zeiss-Geräte auf der Leipziger Frühjahrsmesse wird erneut und eindringlich erkennen lassen, welche große Bedeutung sie für den **wissenschaftlichen und technischen Fortschritt** haben. In wie hohem Maße Zeiss-Geräte Voraussetzungen modernen Schaffens in Forschung und Technik, welcher entscheidende Beitrag sie für die Modernisierung, Mechanisierung und Automatisierung der neuerlichen Industrie, z. B. für noch wirkungsvollere Meß- und Prüfverfahren sind, das werden diese Geräte selbst auf der Messeausstellung in Leipzig demonstrieren, das werden besonders die mechanischen, optischen, optisch-mechanischen Feinmeßgeräte und die physikalisch-optischen Meßgeräte zeigen. Die Ausstellung aller anderen wissenschaftlich-technischen Gerätegruppen und Geräte wird ebenso klarmachen, daß es ohne sie auf vielen Gebieten moderner Forschung, Entwicklung und Technik ergebnisreiches Schaffen nicht geben kann.

Beweise und Zeugnisse des hohen Rangs der Zeiss-Fertigung, werden auch die ausgestellten Zeiss-Feldstecher und Zeiss-Photobjektive erneut höchste Aufmerksamkeit und stärkstes Kaufinteresse unserer Messebesucher finden. Noch immer sind „Zeiss-Feldstecher“ die besten der Welt, sie werden fortgesetzt in ihrer Qualität und Leistung vervollkommen und modernisiert. Und so auch die Zeiss-Objektive, die sich

bis heute unbestritten ihren Weltruf erhalten und immer wieder neu erworben haben. Ihre große Zahl von Typen für alle Zwecke der Photographie wurde um neue bereichert, die in Leipzig erstmals gezeigt werden.

Es ist das Bestreben unseres Werkes, durch entsprechende Gestaltung der Ausstellung seiner Geräte auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1957 es dem interessierten und fachkundigen Besucher zu ermöglichen, durch eingehendes Studium und gründliche Vergleiche sich davon zu überzeugen, daß es das immer neue und große Bemühen des Werkes ist, in seinem ganzen Geräteschaffen das Weltniveau der Technik zu erreichen, zu halten und ihm voraus zu sein. Die Ausstellung wird von den Wissenschaftlern und Kaufleuten, von den Konstrukteuren und Ingenieuren des Zeiss-Werkes als die große Gelegenheit zu intensivem Gedanken- und Erfahrungsaustausch mit den Interessenten, Benutzern und Freunden der Zeiss-Geräte betrachtet und genutzt werden. Es würde für sie höchster Gewinn der Messe-Ausstellung sein, wenn sie von den Besuchern aus allen Ländern der Welt kritische Hinweise, Anregungen, neue Wünsche für ihr künftiges wissenschaftliches, konstruktives, fertigungstechnisches Geräteschaffen und für die Grundsätze und Praxis des Vertriebs der Zeiss-Erzeugnisse empfangen könnten. Viele unserer wissenschaftlichen, technischen und kaufmännischen Mitarbeiter werden in Leipzig anwesend sein, allen Fragen, Hinweisen und Wünschen zur Beantwortung zur Verfügung zu stehen. Es würde ihnen große Freude und Ehre sein, recht viele Interessenten, Kunden, Benutzer und Freunde unserer Geräte in unserer Messe-Ausstellung begrüßen zu dürfen. jo

Ultrarot-Spektrophotometer UR 10 aus Jena

Hans-Martin Bolz

Noch vor einigen Jahrzehnten ließen sich recht scharfe Grenzen zwischen den verschiedenen Disziplinen der exakten Naturwissenschaften ziehen. Die fortschreitende Erkenntnis hat diese Grenzen durchbrochen. Das gilt im besonderen Maße von der Physik und Chemie. So nehmen physikalische, insbesondere optische Untersuchungsmethoden, einen wichtigen Platz im chemischen Laboratorium ein.

Die jüngste Entwicklung auf diesem Gebiet stellt die Einführung der Ultrarotspektroskopie (bisherigen in Anlehnung an fremdsprachliche Bezeichnungen auch Infrarotspektroskopie) dar. Sie hat im Laboratorium des organischen Chemikers dieselbe Bedeutung wie die Emissionsspektalanalyse im Metall-Labor und ist, ergänzt durch die Ramananalyse, die wichtigste optische Meßmethode der organischen Chemie. Obwohl die Pioniere der Ultrarotspektroskopie zum überwiegenden Teil Deutsche waren, ist sie bei uns bisher nicht in dem Maße zur Anwendung gelangt, wie beispielsweise in den USA. Der Grund ist darin zu suchen, daß in den USA und auch in England seit etwa zehn Jahren Geräte für die Ultrarotspektrophotometrie von hoher technischer Vollkommenheit

industriell hergestellt und heute schon zu mehreren tausend Stück eingesetzt werden. Mit der Konstruktion des UR 10 im VEB Carl Zeiss JENA ist dieser Entwicklungsvorsprung des Auslandes aufgeholt worden. Bild 1.

Die Bedeutung der UR-Spektrophotometrie liegt darin, daß jede organische Substanz (einfache Gase wie z. B. Sauerstoff, Stickstoff, die Edelgase u. a. ausgenommen) ein für sie charakteristisches Absorptionsspektrum im ultraroten Spektralbereich hat. Das Ultrarotspektrogramm ist demnach ein Kurvenzug, der die prozentuale Durchlässigkeit der Substanz als Funktion der Wellenlänge anzeigt. Bild 2 zeigt an einem einfachen Beispiel, wie Anzahl der Substituenten und Art der Anlagerung an den Benzolring das Spektrum verändern. Die Absorptionsstellen kommen dadurch zustande, daß das Molekül ein schwingungsfähiges Gebilde mit diskreten Eigenfrequenzen ist, deren Werte durch die Massen und Bindungskräfte der schwingenden Teile bedingt sind. Fällt nun Strahlung aller Frequenzen auf ein solches Molekül, so werden durch die Eigenfrequenzen des Moleküls absorbiert und erscheinen in der durchgelassenen Strahlung als Absorptions-

stellen. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel ist in Bild 3 dargestellt. Dieses Spektrum entsteht durch die Grundschwingung des Wasserstoffatoms gegen das Chloratom im hantelförmigen HCl-Molekül, überlagert von den gequantelten Rotationszuständen. Ultrarotspektrophotometer werden eingesetzt zur qualitativen und quantitativen Analyse organischer Substanzen und zur Erforschung ihrer Molekülstruktur. Ihre Anwendungsgebiete liegen in der organisch-chemischen Industrie und

nung und weitgehende Anpassungsfähigkeit an extreme Anforderungen. Diese Forderungen bestimmen weitgehend die zu wählende Meßmethode sowie den optischen, elektrischen und mechanischen Aufbau. Das UR 10 des VEB Carl Zeiss JENA arbeitet nach dem bewährten Zweistrahl-Wechsellichtverfahren mit optischem Nullabgleich (Bild 5). Die rechte Bildhälfte stellt den Regelkreis dar. Die Stellung der schematisch als Keil dargestellten Kompensationsblende entspricht der Durchlässigkeit der

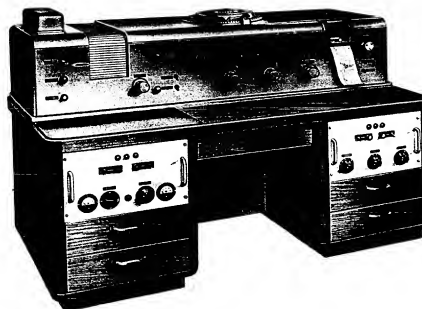


Bild 1: Registrierendes Ultrarot-Spektrophotometer UR 10 des VEB Carl Zeiss JENA

Forschung, in der pharmazeutischen Industrie, in der Pharmakologie, in der Erdöl- und Kunststoffindustrie, in der medizinischen, biologischen und bakteriologischen Forschung und in der Kriminalistik. Methodisch zeichnet sich die UR-Spektrophotometrie vor anderen Analysemethoden aus durch geringen Substanzbedarf, Rückgewinnung der unzerstörten Untersuchungssubstanz, durch geringen Zeitaufwand und durch die Fülle der Informationen quantitativer und qualitativer Art, die in einem Spektrogramm stecken. Von einem modernen UR-Spektrophotometer verlangt man außer hoher Genauigkeit Automatisierung, einfache Bedie-

Untersuchungssubstanz und wird daher im Schreibwerk als Funktion der Wellenlänge aufgetragen.

Bild 4 stellt ein vereinfachtes Prinzipschema dar. Von der Strahlungsquelle 1 — einem elektrisch geheizten Siliziumstab — ausgehende Strahlung durchläuft die Küvette 2 mit der Untersuchungssubstanz und die Küvette 3 mit der Vergleichssubstanz oder mit dem Lösungsmittel. 4 ist ein rotierender Spiegel, der zwei reflektierende und zwei durchlässige Sektoren besitzt. Dadurch wird zeitlich abwechselnd die aus 2 oder 3 kommende Strahlung über einen Vorzerleger 6 und eine Feldlinse 7 auf den Eingangssplitt 8 des Monochromators

geworfen. Der Monochromator arbeitet nach dem Littrow-Prinzip; das Prisma wird zweimal durchsetzt und das Spektrum entsteht in der Ebene des Austrittsspalt 12. Durch Drehen des Littrowspiegels 11 wandert es über den Spalt. Um eine lineare Aufzeichnung der Wellenlänge zu erzielen, wird der Spiegel 11 nicht mit konstanter Winkelgeschwindigkeit gedreht, sondern wird von einer der Dispersionskurven des Prismenmaterials entsprechend gerechneten und mit höchster Genauigkeit gefertigten Kurvenscheibe gesteuert. Die spektral zerlegte Strahlung fällt auf den Strahlungsempfänger 13, ein Zeiss-Thermoelement. Die Thermospannung wird in elektronischen Verstärker 14 soweit verstärkt, daß über ein elektronisches Wendegedrive unter Mitwirkung eines synchron mit dem Modulationsspiegel 4 laufenden kontaktierten Phasendetektors der Servomotor 15 mit der Blende 5 den optischen Nullabgleich besorgt. Damit ist der Regelkreis geschlossen. Seine Zeitkonstante ist für die Arbeitsweise des Gerätes von großer Bedeutung; sie ist daher mit mechanischen und elektronischen Mitteln in weiten Grenzen verstellbar.

Von der großen Anzahl interessanter und teilweise neuartiger technischer Einzelheiten können hier nur einige näher beschrieben werden. Alle Abbildungselemente, eine Linse aus Kaliumbromid ausgenommen, sind oberflächenbelegte Spiegel mit einer harten, im UR aber nicht absorbierenden Schutzschicht. Glas oder Quarz scheiden als Bauelemente völlig aus,

da diese Substanzen nur bis etwa 3μ Wellenlänge durchlässig sind.

Die Prismen werden aus den im VEB Carl Zeiss JENA geschmolzenen großen synthetischen Kristallen aus Lithiumfluorid, Steinsalz und Kaliumbromid hergestellt. Diese drei Prismen sind auf dem gemeinsamen Prismenteller 10 montiert. Nach Ablauf des Arbeitsbereichs eines Prismas wird automatisch innerhalb einiger Sekunden das nächste Prisma eingeschwenkt. Dieser automatische Prismenwechsler bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber der in anderen Geräten vorgesehenen Möglichkeit, die Prismen mit ihren Kurvenscheiben von Hand auszutauschen. Es entfällt die Gefahr der Dejustierung, der Beschädigung und des Beschlagens der hygroscopischen Prismen. Es entfällt auch die Wartezeit von 30 Minuten für das Temperieren der Prismen nach Einsetzen in das wärmere Gerät. Alle diese Unzulänglichkeiten haben dazu geführt, daß bisher fast alle Spektrogramme nur mit dem Steinsalzprisma aufgenommen worden sind. Dieses ist seiner Durchlässigkeit nach im Bereich bis 15μ benutzbar; dann beginnt die Eigenabsorption des Materials. Maßgeblich für die Leistung eines Prismas ist nun aber sein Auflösungsvermögen, das außer von der Basislänge von der Dispersion des Materials $dn/d\lambda$ abhängt. Bild 6 zeigt, daß Steinsalz im Gebiet unter 5 bis 6μ nur eine sehr geringe Dispersion und damit auch nur ein schlechtes Auflösungsvermögen hat. Es wird um das 3- bis 8fache übertroffen von Lithiumfluorid. Die Verwendung eines

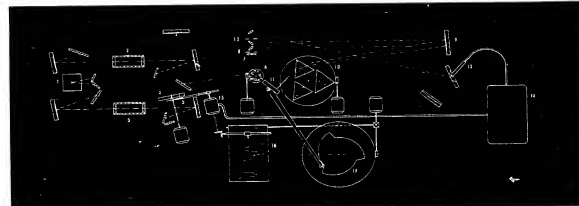


Bild 4: Optisch-mechanisches Schema des UR 10

LIF-Prisma liegt daher auf der Hand, ist aber in einem modernen Gerät nur dann zweckmäßig, wenn die Prismen automatisch gewechselt werden. Die geringe Dispersion von NaCl im Gebiet von 2 bis 6μ hatte zur Folge, daß dieser Spektralbereich für die Analyse bisher fast gar nicht herangezogen werden konnte. Aufnahmen mit dem LIF-Prisma versprechen neue Erkenntnisse und erschließen dieses Gebiet praktisch überhaupt erst der UR-Spektroskopie. Bild 7 belegt überzeugend das höhere Auflösungsvermögen des Lithiumfluoridprismas. Das dritte im UR verwendete Prisma besteht aus Kaliumbromid. Sein Spektralbereich erstreckt sich bis 25μ . Hier liegen wichtige Schlüsselbanden der Aromaten. Auch dieser Spektralbereich ist aus den oben genannten apparativen Gründen bisher erst ungenügend bearbeitet worden. Es ist zu erwarten, daß eine Reihe von Substanzen, die im Steinsalzgebiet nur überlappende Banden haben, im Kaliumbromidbereich getrennte Analysenbanden aufweisen.

Außer durch das Auflösungsvermögen wird die Leistung eines Spektralphotometers bestimmt durch die Zeit, die zur Aufnahme eines Spektrogramms benötigt wird. In großen Industrielaboratorien fallen täglich so viele Untersuchungs-substanzen an, daß sie nur bewältigt werden können, wenn ein wohlgedachter Ablauf von Substanzenvorbereitung, Spektralaufnahme und Auswertung ein pausenloses Arbeiten des Gerätes gewährleistet und wenn vor allem das Gerät selbst so konstruiert ist, daß es schnelles Registrieren erlaubt und keine langen Rücklauf- oder Einstellzeiten benötigt. Auf diesen Punkt wurde bei der Konstruktion des UR 10 ganz besonderer Wert gelegt.

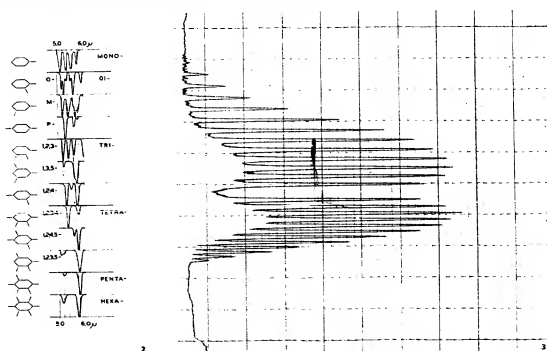
Welche Gründe setzen der Erhöhung der Registriergeschwindigkeit eine Grenze? Da es photographisch empfindliche Schichten für den Spektralbereich von 2 bis 25μ nicht gibt, besteht keine Möglichkeit, das ganze Spektrum gleichzeitig aufzunehmen. Es muß mit einem Strahlungsempfänger abgetastet, registriert werden. Eine hohe Abtast-, also Registriergeschwindigkeit verlangt auch eine entsprechend hohe Schreibgeschwindigkeit, also kleine Einstellzeiten und kleine Zeitkonstante des Anzeigesystems, hier des Schreibwerks.

Und eben diese Zeitkonstante kann nicht beliebig herabgesetzt werden. Die im ultraroten Spektralgebiet für die Messung zur Verfügung stehende Strahlungsleistung ist außerordentlich klein. Sie liegt in den meisten Fällen in der Größenordnung des sogenannten Rauschens des Strahlungsempfängers, einer Störspannung, die ihre Ursache in den statistischen Schwankungserscheinungen der Moleküle und Elektronen hat und die u. a. umgekehrt proportional der Wurzel aus der Zeitkonstante des Anzeigesystems ist. Die Störspannung kann also vermindert, das Signal- zu Rausch-Verhältnis verbessert und damit die Genauigkeit der Aufzeichnung erhöht werden, wenn man ein Anzeigesystem mit größerer Einstelldauer benutzt. Dann muß aber auch entsprechend langsamer registriert werden, damit infolge der Trägheit des Anzeigesystems Einzelheiten des Spektrums nicht „überfahren“ werden. Hohe Genauigkeit bedingt also langsame Registrierung, formelmäßig

$$G \cdot V R = \text{const mit } G = \text{Genauigkeit und } R = \text{Registriergeschwindigkeit.}$$

Die Forderung nach hoher Genauigkeit und hoher Registriergeschwindigkeit ist also nicht gleichzeitig in beliebigem Maße erfüllbar. Im UR 10 wurde daher ein anderer Weg beschritten, um die Zeit für die Aufnahme des Spektrums abzukürzen. Es ist nämlich durchaus nicht notwendig, die Genauigkeit der Aufzeichnung über den gesamten registrierten Spektralbereich konstant zu halten. In jedem Spektrum gibt es „leere“ Stellen, also Teile ohne oder mit sehr unscharfen Absorptionsstellen, wo die Genauigkeit der Aufzeichnung weit herabgesetzt und die Registriergeschwindigkeit entsprechend erhöht werden kann. Diese Anpassung der Registriergeschwindigkeit an den Inhalt des Spektrums wird nun im UR 10 automatisch besorgt durch den „Verzögerer“; wenn das Signal im Servokreis eine bestimmte, einstellbare Höhe erreicht hat, ein Zeichen für einen Schleppeffekt des Anzeigesystems, so tritt der Verzögerer in Tätigkeit und setzt die Registriergeschwindigkeit so weit herab, daß das Anzeigesystem wieder allen Einzelheiten des Spektrums zu folgen vermag. Man stellt also zu Beginn der Registrierung eine verhältnismäßig hohe

Bild 2: Einfluß von Anzahl und Stellung von Substituenten am Benzolring auf das UR-Spektrum. Nach (1)
Bild 3: HQ-Absorptionsspektrum bei $3,46 \mu$. Aufgenommen mit dem Zeiss-UR-Spektralphotometer



Registrierungsgeschwindigkeit ein; der Verzögerer stellt dann während des Durchlaufs des Spektrums die Registrierungsgeschwindigkeit selbsttätig jeweils auf den optimalen Wert ein. Damit wird die Zeit für die Aufnahme eines Spektrums ohne Einbuße an effektiver Genauigkeit auf 50 bis 70% herabgesetzt. Das bedeutet bei einer Registrierzeit ohne Verzögerer von 30 bis 60 Minuten einen erheblichen Zeitgewinn.

Bei den in chemischen Betrieben oft anfallenden Serienaufnahmen ähnlicher Substanzen und bei Reinheitsuntersuchungen werden meist nur einige Absorptionstellen des ganzen Spektrums zur Analyse benutzt. Es genügt also auch, nur diese Stellen zu registrieren. Das wird durch den etwa hundertteiligen Programmwähler erreicht. Die nicht interessierenden Zwischenstellen des Spektrums werden in wenigen Sekunden durchfahren, ohne registriert zu werden.

Nach Ablauf einer vollständigen Registrierung steht das Gerät wieder in seiner Ausgangsstellung. Zeitverlust durch einen Rücklauf entsteht also nicht.

Es ist jederzeit — auch während einer Registrierung — möglich, in einigen Sekunden das Gerät mit dem „Schnellgang“ ohne Registrierung auf eine beliebige Wellenlänge einzustellen. Der Schnellgang läßt sich in beide Richtungen betätigen, so daß also eine soeben registrierte Stelle sofort wiederholt werden kann.

Mit Verzögerer, Programmwähler und Schnellgang sind alle Voraussetzungen geschaffen, um schnell, jedoch ohne Einbuße an Genauigkeit, Spektrogramme aufzunehmen.

Außer hoher Genauigkeit in der Anzeige der Durchlässigkeitswerte ist das Auflösungsvermögen eines Spektralphotometers von Bedeutung. Man versteht darunter die Fähigkeit des Gerätes, zwei eng benachbarte Absorptionstellen noch getrennt wiederzugeben. Das Auflösungsvermögen ist in gewissen Grenzen etwa umgekehrt proportional der Spaltbreite des Monochromators. Von der Spaltbreite ist aber auch die aus dem Monochromator austretende Strahlungsleistung und damit das für die Betätigung des Regelkreises verfügbare Signal abhängig. Wie wir oben gesehen haben, ist andererseits

von der Höhe des Signal- zu Rausch-Verhältnisses die Genauigkeit (Ablesegenauigkeit, Schreibgenauigkeit) abhängig. Hier ergibt sich also eine erneute Alternative: Hohes Auflösungsvermögen bedingt bei sonst konstant gehaltenen Parametern geringe Ablesegenauigkeit. Faßt man die für die Leistung eines registrierenden Wechsellicht-Spektralphotometers maßgeblichen Größen, Auflösungsvermögen A , Genauigkeit G (Signal- zu Rausch-Verhältnis) und Registrierungsgeschwindigkeit R formelmäßig zusammen, so ergibt sich nach Luft (2)

$$A \cdot G \cdot R = \text{const.}$$

Obwohl die Exponenten dieser Beziehung nur als Näherungswerte zu betrachten sind, gibt sie doch einen guten Einblick in die Zusammenhänge. Damit wird auch klar, daß die Spaltbreite, die dem Auflösungsvermögen A in gewissen Bereichen proportional ist, und die Registrierungsgeschwindigkeit in einem sinnvollen Verhältnis stehen und daß beide in weiten Grenzen veränderlich sein müssen. Im UR 10 läßt sich die Registrierungsgeschwindigkeit im Verhältnis 1:100, die Spaltbreite im Verhältnis 1:4 verstellen. Damit kann die Arbeitsweise des Gerätes selbst den extremsten Anforderungen an Auflösungsvermögen und Registrierungsgeschwindigkeit gerecht werden.

Das Spektrum wird von einem eingebauten Schreibwerk eigener Konstruktion aufgezeichnet. Es wird auf unbedrucktem Wachschichtpapier von 100 mm genutzter Breite geschrieben. Da die Reproduzierbarkeit der Durchlässigkeitsangabe einige zehntel Prozent, entsprechend einigen zehntel Millimetern auf dem Papier beträgt, ist der Grundsatz gewahrt, daß die Ablesegenauigkeit nicht wesentlich größer als die Maßgenauigkeit sein soll. Die bisweilen üblichen überbreiten Registrierpapiere stellen oft eine leere Vergrößerung dar und täuschen eine nicht immer vorhandene Genauigkeit vor. Großer Wert bei der Entwicklung des Schreibwerks wurde jedoch darauf gelegt, daß die im optischen, elektrischen und mechanischen Teil erzielte hohe Genauigkeit bis zur Aufzeichnung erhalten bleibt. Bei vorgedrucktem Registrierpapier besteht besonders bei Bandschreibern die Gefahr, daß infolge Schrumpfen des Papiers, nicht geraden oder unregelmäßigen Ablaufs oder ungenauen Einlegens die registrierten Werte mit dem Vordruck nicht übereinstimmen. In das UR 10 wird daher unbedrucktes Papier eingelegt und die Abszissen (Wellenlänge, in Richtung des Papierablaufs) und die Ordinate (Durchlässigkeitsprozent, Papierbreite) vom Schreibwerk selbst aufgebracht. Das Koordinatensystem steht also mit dem Schreibwerk und dadurch mit dem Schreibstil in fester Lagebeziehung. Außer großer Genauigkeit der Aufzeichnung wird damit erreicht, daß auch während einer laufenden Registrierung der Papiervorschub und damit der Aufzeichnungsmalmaßstab konstant bleibt. Der Monochromatorraum ist daher luftdicht abgeschlossen. Eine eingebaute kleine Klimaanlage pumpt die eingeschlossene Luft um, trocknet sie, entstaubt sie und hält die Gerätetemperatur konstant auf 35° C. Dar recht bedeutende Temperaturkoeffizient der Brechzahl der Prismen bleibt damit ohne Einfluß auf die Genauigkeit der Wellenlängenanzeige.

Auf die große Zahl der Probleme optischer und elektronischer Art kann in diesem kurzen Aufsatz nicht eingegangen werden. Auch eine ganze Reihe automatischer Einrichtungen wurde nicht besprochen.

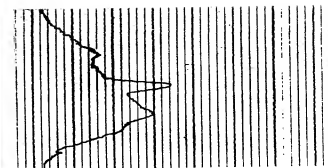
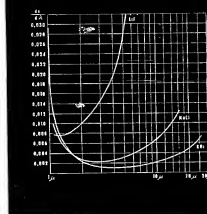
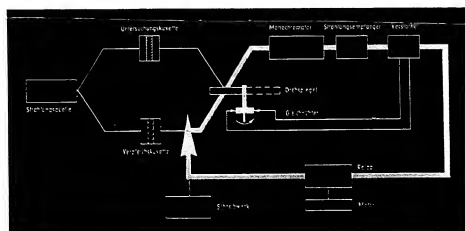


Bild 6: Dispersion von Lithiumfluorid, Steinsalz und Kaliumbromid - Bild 7: Ultrarotspektrum von Ammoniak bei 3 μm. Rechts oben mit Steinsalz, links unten mit Lithiumfluoridprisma aufgenommen. In beiden Fällen gleiche Registriergeschwindigkeit. (Koordinatenlinien durch die Reproduktion verbreitert)

Bild 4: Blockschema des UR 10



Wer einmal ein Ultrarotspektrum nach dem alten Ausschlagverfahren durch punktuellen Ausmessen des Spektrums gewonnen hat, weiß die Vorteile eines automatischen und registrierenden Gerätes zu schätzen. Waren doch dazu ein- bis zweitausend Einzelablesungen an einem höchst erschütterungsempfindlichen Galvanometer in stündlichem Kampf gegen die Inkonzanz der Lichtquelle und gegen vagabundierende Thermospannungen notwendig. Was damals in ein- bis zweitägiger mühsamer Arbeit aufgenommen wurde, wird heute in einer Stunde registriert. Dabei geht die Automatisierung so weit, daß nach Einstellen der gewünschten Aufnahmebedingungen das Gerät ohne jede weitere Bedienung das Spektrum aufnimmt, sich danach selbsttätig abschaltet und ein akustisches Signal gibt. So können während eines achtstündigen Arbeitszuges zehn bis fünfzig Spektrogramme aufgenommen werden. Gegenüber der Registrierzeit selbst ist die Zeit für die Vorbereitung der Substanzen und das Füllen und Reinigen der Küvetten nicht zu vernachlässigen. Die Auswertung der Registrierstreifen nimmt — Serienuntersuchungen ausgenommen — weit mehr Zeit als die Registrierung in Anspruch. Hierfür setzen sich maschinelle Hilfsmittel durch, so Holtermaschinen für die Katalogisierung und Identifizierung von Spektren und automatische Rechenmaschinen zur Auflösung von Gleichungssystemen bei Mehrkomponentenanalysen. Auch die Ultrarotpektroskopie ist kein Zaubertrick. In einem modernen Labor hat sie ihren sinnvollen Platz neben den

selbstverständlich unersetzbar: rein chemischen Methoden, neben der Raman-Spektroskopie und der Massenspektroskopie.

Das Zeiss-Ultrarot-Spektrophotometer UR 10 ist das am weitesten automatisierte Gerät seiner Gattung auf dem Weltmarkt. Seine Aufstellung ist volkswirtschaftlich nur vertretbar in einem Labor mit wohlgedachtem Arbeitsablauf und qualifizierten Mitarbeitern, damit es unter Ausnutzung aller seiner Möglichkeiten pausenlos eingesetzt werden kann. Auch hier bedeutet Automatisierung nicht Ersatz des Menschen, sondern Entlastung von primitiven zugunsten anspruchsvoller Arbeiten.

(Dieser Beitrag wurde als Erstdruck in Nr. 7/1956 der Zeitschrift „Die Technik“, VEB Verlag Technik, Berlin W 8, veröffentlicht.)

Literatur:

- Zusammenfassend: W. Brügel, Einführung in die Ultrarotspektroskopie, Darmstadt 1954.
(1) W. G. Young, R. B. Du Vall, N. Wright, Anal. Chem. **23** (1951) 709.
(2) K. F. Luft, Angew. Chemie **81** (1947) 2.
(3) H. M. Bolz, Bericht Arbeitstagung „Angewandte Physik“ Akad. Verlagsgesellschaft, 1955, S. 65–68.

Zeiss-Dokumentator-System

Rudolf Wendel

Die für alle Wissensgebiete vorhandene und ständig wachsende Literatur erfordert zu ihrer Erfassung und methodischen Auswertung eine sinnvolle, den zu stellenden Aufgaben entsprechende material- und raumsparende Lösung. Zum Beispiel ist es notwendig, daß Dokumente aller Art, wie Bücher, Zeitschriften, Normblätter, Zeichnungen, Abbildungen und anderes Material gesammelt und geordnet werden, um diese vervielfältigt bei möglichst geringem Raumbedarf auf Anforderung zur Verfügung stellen zu können. Die folgerichtige Lösung dieser Aufgabe führte zur Entwicklung der modernen Dokumentationsgeräte, die der Herstellung von technisch einwandfreien Mikrobildern, d. h., der verkleinerten Wiedergabe von Schrift- und Bildgut auf photographischem Wege, dienen. Die hochwertigen optischen Systeme und die modernen Emulsionen bilden die Voraussetzung hierfür. Als Träger des Mikrobildes wird vor allem der Film 35 mm verwendet (Dokumententfilm). Wird er in Rollenform benutzt, haften ihm eine gewisse Unhandlichkeit an. Ein relativ kurzer Streifen erfordert häufiges Wechseln, während ein relativ langer Streifen nicht genügend knicksteif ist, um ihn in Schutztaschen einzuschieben. Der Zehnerstreifen des Dokumentator-Systems erfüllt diese Forderung. Damit basiert das Dokumentator-System auf einer Zehner- bzw. Fünfterteilung je Filmstreifen. Diese Teilung ist markant für dieses System und stellt eine in der Praxis bewährte Lösung dar.

Das Dokumentator-System, auf Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit aufgebaut, umfaßt folgende zur Dokumentation erforderliche Geräte:
Dokumentator-Aufnahmegerät DA II (DIN A 6 bis DIN B 3),
Dokumentator-Aufnahmegerät DA IV (DIN A 6 bis DIN A 1),
Dokumentator-Lesegerät,
Dokumentator-Mikrobuch.

Mit diesen Geräten und Zusatzeinheiten ist die Lösung aller von der Praxis gestellten Aufgaben möglich, insbesondere erfüllen sie folgende drei Forderungen, die im wesentlichen das Kernproblem der modernen Dokumentation bilden.

1. Schrift- und Bildgut auf Dokumententfilm zu reproduzieren: Dokumentator-Aufnahmegerät;
2. den gewonnenen Film auf engstem Raum zu archivieren: Dokumentator-Mikrobuch;
3. und ihn rationell auszuwerten: Dokumentator-Lesegerät.

Dokumentator-Aufnahmegerät DA II (Bild 1).

Dieses auf 35-mm-Dokumententfilm reproduzierende Universalgerät wird für nahezu alle in der Praxis vorkommenden Arbeiten verwendet. Seine solide Ausführung entspricht allen gestellten Anforderungen. Es bewährt sich vor allem dort, wo schnelles Arbeiten erforderlich ist. Bei maximaler Belastung beträgt die Aufnahmezeit bis zu 400 bis 450 Aufnahmen pro Stunde. Die Bedienung des Gerätes ist einfach und kann in kurzer Zeit — auch ohne technische Vorkenntnisse — erlernt werden.

Die Aufnahmekamera — mit einem Spezial-Objektiv Dokumentar 1 : 8 f — 35 mm (T-Belag) — gestattet Aufnahmen im Bildformat 17 : 24 mm von Vorlagen der DIN-Formate A 4 bis B 3 auf perforiertem Dokumententfilm 35 mm.

An der Kamera befinden sich Auf- und Abwickelkassette für je 50 m Film, der z. B. für die Aufnahme von ca. 4800 Buchstaben DIN A 5 ausreicht. Doppelbelichtungen werden von einer eingebauten Sperre verhindert. Eine Signallampe zeigt den ordnungsgemäßen Ablauf des Belichtungsvorganges und das Filmen an. An einer Zählvorrichtung kann die Zahl der erfolgten Aufnahmen auf Zehnerstreifen abgelesen werden. Dar mit Glasplatte und Nummernträger versehene Andruckrahmen sorgt für einwandfreie Planlage der aufzunehmenden Vorlage. Der Nummernträger ermöglicht die Kennzeichnung der einzelnen Aufnahmen am Filmen. Damit ist die Registrierung des gewonnenen Aufnahmematerials nach der Dezimal-Klassifikation gewährleistet. (Näheres siehe Dokumentator-Mikrobuch.)

Die Belichtungszeit kann für Zeiten von 0,1 bis 60,0 Sekunden eingestellt werden. Am Voltmeter können unter Umständen

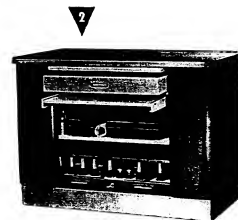


Bild 1: Dokumentator-Aufnahmegerät DA II. Bild 2: Schrank als Ablage- und zum Aufbewahren des Aufnahmematerials.
Bild 3: Dokumentator-Zehnerstreifen (17 x 24 mm Bildformat)

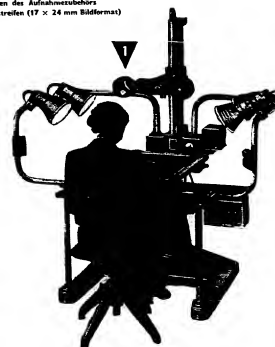


Bild 4: Dokumentator-Lesegerät (24 x 34 mm Bildformat)

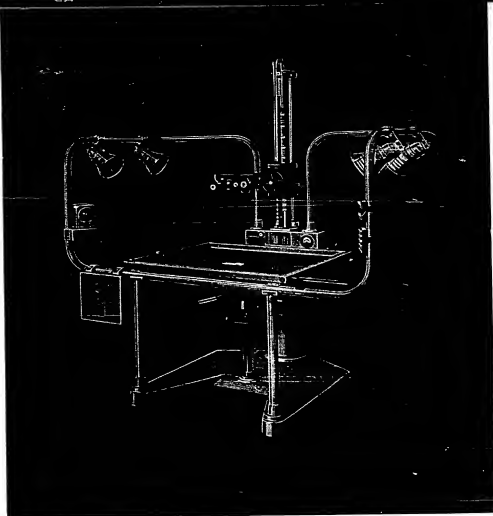


Bild 5: Dokumentor-Aufnahmegerät DA IV

entstandene Spannungsschwankungen abgelesen und über einen Regeltrafo kompensiert werden. Die vorgeschriebene Arbeitsspannung von 220 V kann damit konstant gehalten werden. Zur Beleuchtung der Objektenebene dienen vier Lampen 220 V 100 W, in Verbindung mit Reflektoren. Das Gerät ist für Anschluß an 220 V Wechselstrom vorgesehen. Auf Wunsch werden die Geräte auch für Anschluß an 110 V Wechselstrom bzw. 220 V oder 110 V Gleichstrom geliefert. In dem zur Grundausstattung gehörenden Rollschrank (Bild 2) können alle Zubehör- und Ergänzungsteile, Arbeitsunterlagen u. a. griffbereit und staubgeschützt aufbewahrt werden. Eine Weiterentwicklung des Gerätes befindet sich in Vorbereitung. Sie entspricht im wesentlichen dem nachstehend beschriebenen Modell DA IV.

Dokumentor-Aufnahmegerät DA IV (Bild 5).

Der prinzipielle Aufbau dieses Gerätes entspricht dem bewährten Modell DA II. Die Aufnahmeformate betragen:

24 × 34 mm für DIN A 1 bis DIN A 4
17 × 24 mm für DIN A 3 bis DIN A 6.
Man erhält also auf einem Dokumententreifen: entweder 10 Aufnahmen 17 × 24 mm (Bild 3), oder 5 Aufnahmen 24 × 34 mm (Bild 5).

Zur Herbstmesse 1954 als Weiterentwicklung des Dokumentor-Systems vorgestellt, erfreute sich dieses Modell reger Nachfrage, so daß die ersten Serien schnell verkauft waren. Der eingeschlagene Weg — automatischer Filmtransport, motorische Höhenverstellung der Kamera — erwies sich als richtig. Die Erkenntnis, die Bedienung weitgehend zu automatisieren, führte zum neuen Modell DA IV. Dieses wurde anlässlich der Frühjahrsmesse 1956 gezeigt. Die wichtigsten Merkmale dieser neuen Ausführung sind:

1. verbesserter automatischer Filmtransport;
2. automatische Objektivinstellung (Fokussierung) in Verbindung mit der motorischen Kamera-Höhenverstellung;

3. automatisches Öffnen der Andruckplatte nach jeder Belichtung;

4. teilweise Bedienung durch Hand- oder Fußschalter (Auslösen der Belichtung) oder

5. — bei Einstellung von Dauerbetrieb — automatische Auslösung der Schaltung nach Schließen der Andruckplatte.

Diese Charakteristika des als nahezu vollautomatisch anzusprechenden Gerätes, vereinfachten die Bedienung auf ein Minimum. Die damit verbundene Erhöhung der Aufnahmekapazität bei gleichzeitiger Minderung der physischen Belastung der Bedienungsperson führten zu einer beträchtlichen Steigerung der Arbeitsintensität. Die Kamera ist mit einem Spezialobjektiv 1:8 f = 40 mm ausgestattet, das sich, wie alle Objektive dieser Reihe, durch seine gute Detailwiedergabe auszeichnet. Die Höhenverstellung der Kamera erfolgt automatisch über drei Drucktasten, die sich auf der oberen Seite des Schaltkastens befinden. Mit der Auf- bzw. Abwärtsbewegung der Kamera erfolgt die automatische Fokussierung des Objektivs. Das richtige Einfahren der Kamera — den Strichmarken der zwei DIN-Formatkästen entsprechend — ermöglicht einwandfreie Aufnahmen. Damit sind Bedienungsfehler praktisch unmöglich.

Das Auslösen der Aufnahme erfolgt teilweise durch Hand- oder Fußschaltung, um Ermüdungserscheinungen zu vermeiden. Außerdem hat die Bedienungsperson — bei Fußschaltung — beide Hände für Vorlagenwechsel frei. Dadurch werden höhere Aufnahmekapazitäten erzielt.

Sobald die Belichtung erfolgt ist, öffnet sich der Andruckrahmen automatisch. Bei Einstellen der Drucktaste auf Dauerbetrieb wird die Belichtung automatisch nach Schließen des Andruckrahmens ausgelöst. Die Tätigkeit der Bedienungsperson beschränkt sich praktisch nur auf das Umlegen — zum Beispiel der Seiten eines Buches — und das Schließen des Andruckrahmens. Alle sonstigen Vorgänge werden automatisch ausgelöst.

Das Aufnahmeformat wird von der Größe der aufzunehmenden Vorlage bestimmt. Während DIN A 1 und DIN A 2 grundsätzlich auf Format 24 × 34 mm und DIN A 5 und DIN A 6 grundsätzlich auf Format 17 × 24 mm aufgenommen werden, hängt die Wahl der Formate bei DIN A 3 und DIN A 4 von der Vorlage ab. Zweckmäßig wird die detaillierte Vorlage auf Format 24 × 34 mm, die grobschichtige dagegen auf 17 × 24 mm aufgenommen. Einstellung erfolgt am Umschaltknopf. Der Wunsch nach einem Gerät, das Vorlagen bis zum Format DIN A 1 reproduziert, ist damit verwirklicht. Vor allem der Industrie ist damit die Möglichkeit gegeben, Zeichnungen zu archivieren und auf diese zurückzugreifen, wenn die Originale in Verlust geraten oder durch andere Einwirkungen unbrauchbar geworden sind.

Das Dokumentor-Lesegerät (Bild 6) dient vor allem zum Lesen und Auswerten der mit den Dokumentor-Aufnahmegeräten hergestellten Zehner- bzw. Fünferstreifen. Es gestattet aber auch das Lesen und Auswerten von Rollfilm 35 mm sowie von Planfilm 90 × 120 mm. In Verbindung mit der Bildbandführung für 16 mm können auch 16-mm-Dokumententfilme betrachtet werden.

Bei der Entwicklung dieses Gerätes wurde größter Wert auf bequeme Arbeitsmöglichkeit und zweckmäßige Ausführung gelegt, da langes Lesen von Mikrofilmen nicht ermüden soll. Eine hochklappbare Lichtschutthaube schirmt jedes störende Nebenlicht ab, so daß das Gerät überall — auch bei Tageslicht — eingesetzt werden kann. Die Wiedergabe der Mikrofilme erfolgt durch eine Projektionseinrichtung auf einen um 45° geneigten Bildschirm mit hohem Reflexionsvermögen. Die Lesefläche beträgt 305 × 390 mm. Die projizierten Bilder sind von großem Kontrastreichtum und äußerst gleichmäßiger Helligkeit und Schärfe. Die bei der Mattscheibenprojektion üblichen Ermüdungserscheinungen entfallen daher bei Verwendung des Dokumentor-Lesegerätes. Ein Spezialtisch mit Höhenverstellung erlaubt die Aufstellung des Gerätes der Körpergröße des Lesenden anzupassen.

Bild 7 zeigt eine Strichzeichnung über den Strahlengang des Lesegerätes bei Lesestellung.

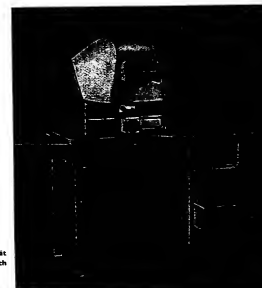


Bild 6: Dokumentor-Lesegerät mit Spezialtisch

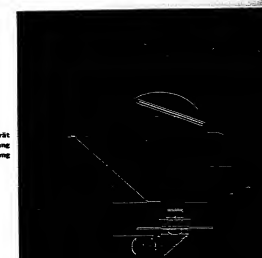


Bild 7: Dokumentor-Lesegerät — Strahlengang bei Lesestellung

Im Sommer 1953 wurde ein Dokumator-Lesegerät anfänglich einer Expertenkonferenz, die in Verbindung mit der „Association Française de Normalisation“ in Paris stattfand, vorgestellt. Das Urteil darüber lautete: „Das Lesegerät hat allgemein sehr gefallen. Besonders gelobt wurden die Helligkeit und die Randschärfe. In dieser Hinsicht übertraf dieses Gerät zweifellos alle anderen deutschen und ausländischen Geräte.“ Folgende Spezialobjektive sowie Zusatz- und Ergänzungseinheiten gestatten eine vielseitige Anwendungsmöglichkeit des Lesegerätes: Dokumar 2,8/35 mm mit Kondensorlinse für Format 17 × 24 mm 17fache Vergrößerung, Dokumar 2,7/50 mm mit Kondensorlinse Format 24 × 36 mm 10,5fache Vergrößerung, Biotar 1,4/20 mm mit Kondensorlinse für 35 mm, für Formate bis 14 × 14 mm, ca. 30fache Vergrößerung wird zur Zeit nur auf besonderen Kundenwunsch gefertigt).

Zweifachträger mit Glastasche dient für das Lesen der Zehe- und Fünfstreifen. Für das Auswerten der Filme im Format 90 × 120 mm steht Planfilmträger mit Glastasche zur Verfügung.

Mit der Dia-Einrichtung können Dias (Glasbilder) im Format 5 × 5 cm projiziert werden, wahlweise im Hoch- und Querformat.

Der Projektionspiegel gestattet die Verwendung des Lesegerätes als Projektionsgerät, so daß mehrere Personen zu gleicher Zeit das projizierte Bild betrachten können. Als weitere Zusatzeinheiten stehen die Bildbandführung für 30 mm Normalfilm 35 mm sowie die Bildbandführung für 30 mm Schmaffilm 16 mm zur Verfügung.

Das Lesegerät ist für den Anschluß an 220 V Wechselstrom vorgesehen. Die Spannung für die Lichtwurf Lampe 12 V 50 W wird auf diese Nennleistung herabtransformiert. Auf Kundenwunsch können die Geräte auch für den Anschluß an 110 V

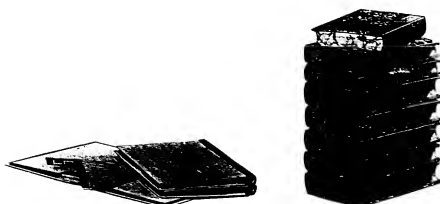
Wechselstrom bzw. 220 V oder 110 V Gleichstrom eingerichtet werden.

Das **Dokumator-Mikrobuch** wird der Forderung nach einer übersichtlichen und zugleich raumparenden Archivierung in jedem Falle gerecht. Es besteht aus dem Umschlag und der Schuppenkarte im Format DIN A 5 und dient zum Einordnen und Aufbewahren der Zehe- bzw. Fünfstreifen. Je nach Wahl des Benutzers können Schuppenkarten für die Aufbewahrung von 5, 10 oder 15 Filmstreifen geliefert werden. Wie bekannt, basiert das Dokumator-System auf der Zehe- und Fünfstreifen im Bildformat 17 × 24 mm bzw. Fünfstreifen im Bildformat 24 × 34 mm.

Nach jeder zehnten bzw. fünften Aufnahme erfolgt — bei „unterbrochenem“ Betrieb — eine Leerschaltung. Nach der Entwicklung werden diese durchschritten und es entsteht jeweils an beiden Seiten des Streifens ein halbes Leerfeld zum Anlassen. Die Länge jedes Streifens beträgt 210 mm und entspricht dem Format DIN A 5. Da jede Aufnahme auf dem Bildstreifen zwischen Filmrand und Perforation zwangsläufig mit einer Kennziffer versehen wird, ist damit die Grundlage für eine übersichtliche Archivierung nach der Dezimal-Klassifikation geschaffen.

Diese erleichtert das Ordnen und Archivieren sowie Wiederfinden der abgelegten Filmstreifen. Wie raumparend das Dokumator-System arbeitet, zeigt eindrucksvoll die Gegenüberstellung von acht Bänden mit 4800 Seiten, die in drei Mikrobüchern archiviert worden sind.

Die vorstehenden Ausführungen vermitteln einen Überblick über das Zeiss-Dokumator-System. Sie zeigen, wie vielseitig diese Geräte in der Praxis eingesetzt und verwendet werden können, unter besonderer Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit.



Von der Zeiss-Kleinbildkamera Werra

Die hunderttausendste „Werra“ verließ am 28. November 1956 das Werk

Den Amateuren in aller Welt stehen eine Vielzahl von Kleinbildkamera-Typen zur Verfügung. Wenn dennoch das Zeiss-Werk in Jena zum erstenmal in seiner Geschichte die Entwicklung und Herstellung einer einfachen und volkstümlichen Kleinbildkamera selbst in Angriff nahm, dann waren dafür die Beobachtung und die Feststellung entscheidend, daß die meisten vorhandenen Kleinbildkamera-Typen nur selten oder unvollkommen einige besondere Wünsche und Forderungen weiter Kreise der Amateure berücksichtigen. Sorgfältige Analysen der vorhandenen Kleinbildkamera-Typen und der Wünsche der Amateure führten bei der Entwicklung der „Werra“ zur Beachtung und Verwirklichung folgender Gesichtspunkte und Forderungen für ihre Konstruktion:

kleine, handliche Abmessungen — geringes Gewicht — zweckbedingte Form- und Farbgebung — Ausschaltung aller komplizierenden Bedienungselemente — optimale Planlage des Films — stabiler Aufbau zur besten Ausnutzung der Hochleistungsoptik und dadurch Sicherung höchster Bildqualität — Sicherung weiterer Ausbaumöglichkeiten — sicherer Schutz des Objektivs gegen Schlag und Feuchtigkeit — Möglichkeit strapazierfähiger Benutzung ohne Ledertasche.

Damit waren im wesentlichen die Bedingungen festgelegt, die erfüllt werden mußten, um eine neuartige Kleinbildkamera zu bringen, die unter der Vielzahl bereits bestehender Kameratypen neue Merkmale und überzeugende Vorteile hat.

Eine Kamera, die nach solchen Gesichtspunkten zu konstruieren war, mußte von vornherein besonders die Form-

gebung berücksichtigen. Je einfacher ein Gerät in seinem Aufbau wird, um so gewissermaßen müssen die Proportionen, um so abgestimmter die Form festgelegt werden. Es war deshalb wichtig, daß die Verhältnisse des Kameraaufbaus unter weitestgehender Berücksichtigung des goldenen Schnittes durchgeführt wurden. Alle anderen Wünsche hatten sich diesem einen Gedanken unterzuordnen. So entstand die glatte, zweckgebundene, wohlgeformte Form, die außerdem durch den neuartigen Objektivschutz und die zweckmäßige Lösung des Aufzugsringes noch unterstrichen wurde.

Damit waren im wesentlichen Voraussetzungen geschaffen, den technisch wenig versierten Benutzern die Scheu vor der Bedienung eines Photoapparates zu nehmen. Bei der Erfüllung dieser Forderung wurde gleichzeitig beachtet, daß die Kamera lackfrei, also wetterfest und verschleißfest dem Benutzer in die Hand gegeben werden sollte. Gelöst wurde diese Forderung dadurch, daß an Stelle der üblichen Lackflächen nur Chrom und an Stelle der Lederbezüge ein fest aufgetragener harter kratzester Kunststoff verwendet wurde, der durch sinnvolle Farbgebung die Strapazierfähigkeit bei voller Berücksichtigung einer feinen Farbabstimmung ermöglicht.

Außerdem wurde durch die doppelte Funktion der Schutzklappe, die gleichzeitig als Gegenlichtblende verwendet wird und durch die sinnvolle Durchbildung aller Details derart, daß Grün-, Gelb- und Rotfilter ständig an der Schutzklappe aufgeschraubt mitgeführt werden, die Bereitschaft der Kamera erhöht, daß die Kamera gleichzeitig alle die Bedingungen erfüllt, die heute an eine Kleinbildkamera gestellt werden



Die Werra:

Stabile Bauart, verschleißfeste,

lackfreie Oberfläche,

einfachste, funktionsgerechte

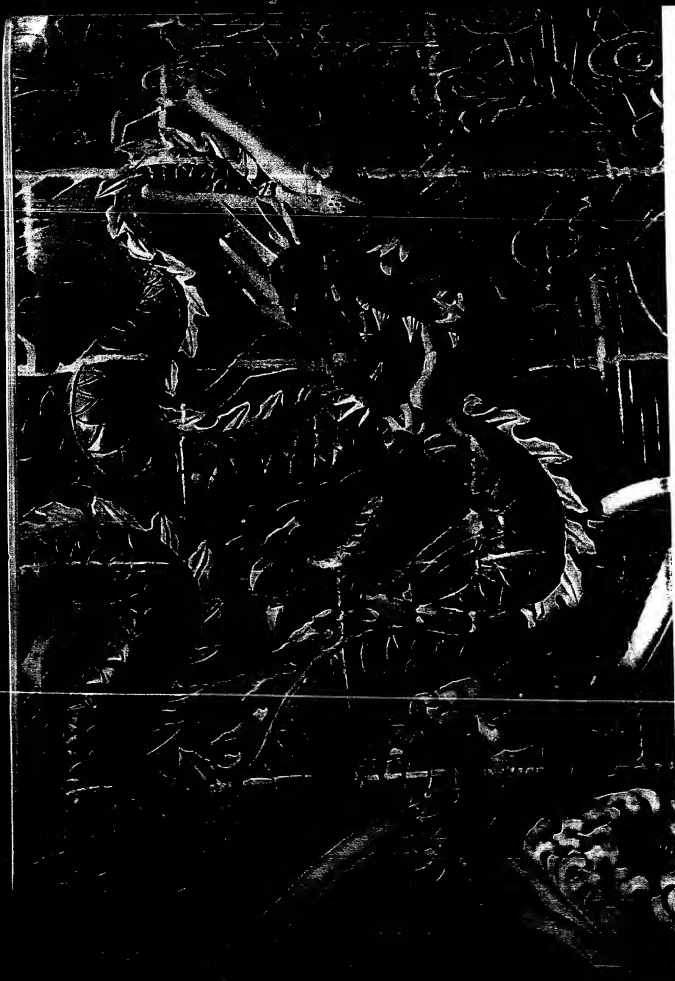
Handhabung, zweckmäßig

in Form und Farbe,

leistungsstark durch Objektiv

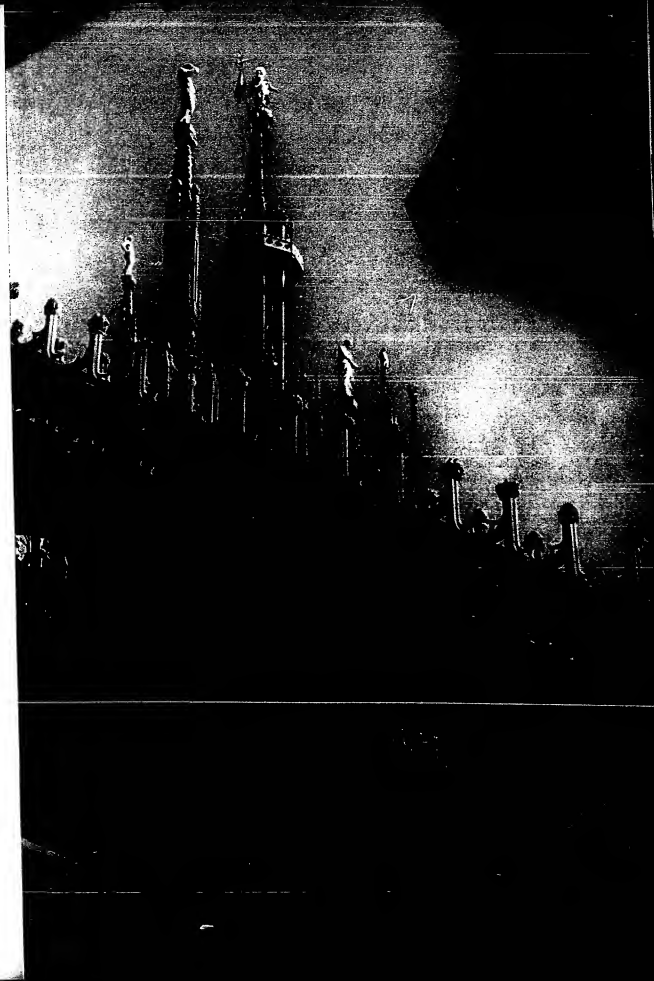
und neuartige Filmlage *

* Drei Bilder mit der Werra bewirken Ihre Leistungstriebe



▲ Ausschnitt aus der berühmten Drachenvase in Peking

▼ Südostgiebel des Halländers Doms vom Domplatz aus



müssen, nämlich Blitzkontakt, Rückspuleinrichtung, Filmzählwerk und sinnvoll angebrachte Eingriffbedienungen, die man als Schnellaufzug werten muß, hat die Kamera in breitesten Kreisen schnell Eingang finden lassen.

Heute, nach Lieferung der hundertsausenden „Werra“ kann gesagt werden, daß mit dieser kleinen geschmackvollen Kamera mit neuem Gesicht, eine Kamerareihe in Angriff genommen wurde, die besonders neuen Amateuren, insonderheit den Frauen und der Jugend, schnell den Weg zur Photographie ebnet und durch die gute Bildqualität der Photographie schnell neue Anhänger zuführen wird.

Dadurch, daß die Kamera ständig ausgebaut wird, wird auch den ständig steigenden Ansprüchen der neuen Photographen Rechnung getragen und ihnen die Möglichkeit gegeben, auch schwierigere und anspruchsvollere Aufgaben in der Photographie meistern zu können.

Im Urteil ihrer Benutzer hat sich die „Werra“ bereits einen hohen Rang und ihre Zuneigung und Anhänglichkeit erworben. Tausende uns vorliegende, mit der „Werra“ aufgenommene Fotos zeugen von der Qualität und Funktionstüchtigkeit der Kamera, auch in den Händen noch wenig erfahrener neuer Amateure.

Photogrammetrische Geräte aus Jena

Horst Schoeler

Von jeher hat der Mensch versucht, sich ein Bild von seiner Umwelt zu schaffen. Und je mehr Ordnung er in seine Umgebung hineinzubringen im Stande war, um so höher stieg die kulturelle Entwicklung. Wohl reicht der menschliche Geist, ein solches Gebäude seiner Welt aufzubauen, aber zum Festhalten dieses Gebäudes und zur Vorstellung solcher Konstruktionen braucht der Mensch das Abbild oder das Modell. Dieses gilt insbesondere für das Große und das Kleine. Ein Quadratmeter ist eine vorstellbare Einheit, etwa die Fläche eines gewöhnlichen Zimmertisches. Aber bereits ein Morgen oder ein Hektar sind Größen, die wir im allgemeinen nur noch umschreibend erfassen, indem wir uns etwa vorstellen, wieviel Zeit der Bauer benötigt, um dieses Land umzupflügen. Solche „natürlichen“ Maße wie Tageszeiten und Marschstunden waren ja in früheren Zeiten in der Tat auch das einzige Mittel große Entfernungen einigermaßen vorstellbar zu machen. Sehr viel schwieriger ist jedoch die Erfassung des zweidimensionalen, der Fläche. Der Versuch, sie auch nur annähernd durch die Länge ihrer Umföhrlinie darzustellen, ist ein untaugliches Verfahren und hat ja in der Tat auch zu beachtlichen Fehldeutungen geführt.

Hier hilft die Karte und der Plan, das „verkleinerte verebnete Abbild der Erdoberfläche“, wie wir uns heute fachgemäß ausdrücken. Sicher ist dieses Hilfsmittel, die Karte, eine der wesentlichsten kulturellen Leistungen. Sie bringt uns eine immense Erweiterung unseres Horizontes. Gleichsam von immer höherer Warte aus sehen wir die Zusammenhänge um uns her. Und wenn wir uns die Karte eines Erdteiles oder der Erde überhaupt ansehen, so sind wir der technischen Möglichkeit einer solchen Gesamtschau weit vorausgeilt.

Die Bedeutung eines solchen Hilfsmittels für die Weiterentwicklung der menschlichen Kultur und des technischen Fortschrittes ist überzeugend. Wohl ist das Bild unserer Welt im Ganzen heute durch Karten festgehalten; es gibt keine unbekannten Zonen und „weißen Flecken“ mehr. Der intensiven

Erforschung unserer Welt folgt nun die extensive Durchmusterung. Und auch hier dient dieses überschaubare Abbild der Erde als Grundlage jeder Organisation. Schon überspannen weite Triangulationsnetze und Bezugspunkte einen großen Teil der Erde und gestatten damit die Registrierung eines beliebigen Standortes mit hoher Genauigkeit. Aber sowohl in diesen hochkultivierten wie in den unterentwickelten Teilen unserer Welt steigt von Tag zu Tag das Bedürfnis nach Karten. Sei es die Planung eines Industriekomplexes in Europa oder die Erfassung riesiger Tropenwälder, beides ist nicht zu lösen ohne die Karte.

Oft machen wir uns falsche Vorstellungen von unserem Wissen, besonders jedoch von dem, was uns über unsere Erde bekannt ist. Wohl gibt es auf dem Globus keine „weißen Flecken“ mehr, aber solche Abbilder sind für die intensive Erforschung unzureichend. Hierzu benötigen wir Kartenunterlagen eines weit größeren Maßstabes, in denen wir Straßen, Bahnen und Kanäle projizieren und einzeichnen und in denen wir unsere Erkundungen wie Erzäher, Petroleumquellen, Kohlenflöze u. a. registrieren können. Solche Karten existieren aber nur von einem Bruchteil der Erde. Die Inventur liefert ein überaus reichhaltiges Bild. Nur für 29% der Erdoberfläche existieren Karten mit einem Maßstab 1:250.000 und größer und nur 20% der Erdoberfläche sind durch topographische Kartendarstellungen gedeckt. Das sind Ergebnisse, die auch mancher Fachmann nicht vermutet hätte. Viel bleibt also noch zu tun. Aber die konventionellen Verfahren der Kartenherstellung werden nur zu einem kleinen Teil zur Erfüllung dieser riesigen Aufgaben beitragen können.

Dam Topographen der alten Schule blieben zur Erweiterung seines erdgebundenen Horizontes nur die erhöhten Übersichtstandpunkte, von denen aus er sein Kartenbild aufbauen und vervollständigen konnte. Der Vermessungsingenieur unserer Tage benutzt den künstlichen „Flugstandort“ und nimmt mit seinen photogrammetrischen Meßkamern im Bruch-

teil einer Sekunde ein Vielfaches dessen auf, was der Topograph in mühevoller Kleinarbeit auf dem Meßtisch festhielt. Das Licht selbst schafft das Abbild der Erde.

In fast hundertjähriger Entwicklung entstand die moderne Luftbildmessung mit der die Kartenherstellung, einem industriellen Fabrikationsprozeß gleichkommend, heute mechanisiert und automatisiert wird. Optiker und Konstrukteure traten dem Feldmesser der alten Schule zur Seite und gaben ihm ausgeklügelte Maschinen in die Hand, mit deren Hilfe die Kartenherstellung revolutionär umgestaltet werden konnte.

Seit über 50 Jahren nehmen photogrammetrische Geräte aus Jena ihren Weg in alle Welt. Maßgebende Wissenschaftler, wie C. P. RABINOWITZ, O. V. CHURCH und R. HUGSTADT haben von hier aus diese neue Wissenschaft, die Photogrammetrie, mit ihren Arbeiten maßgebend beeinflusst. Nachdem die Spuren des zweiten Weltkrieges in den Jenaer Werkstätten beseitigt und die notwendigen Voraussetzungen für eine derartige Fertigung wieder gegeben waren, verlassen nun seit einigen Jahren wieder bewährte Gerätetypen die Montagewerkstätten.

Das ist zunächst das große automatische Universalentzerrungsgerät SEG L, bestimmt zur Umbildung von Luftmeßbildern. Die, rohe“ Luftaufnahme zeigt eine Fülle von Einzelheiten und Details, die bei der weiteren meßtechnischen Bearbeitung zur Signaturkarte verloren gehen. Darum ist gerade der Planer und Projektierer bereits an einem maßstablichen photographischen Bild seines Arbeitsobjektes interessiert. Solche maßstablichen Zusammenstellungen photographischer Einzelaufnahmen nennt man „Luftbildplan“. Seine Herstellung durch einfaches Aneinanderfügen von benachbarten Bildern stößt auf Schwierigkeiten. So besitzen die Luftbilder unter sich Maßstabsdifferenzen, die durch unbedachtliche Änderungen der Flughöhe des Aufnahmeflugzeuges zwischen den Aufnahmestandorten hervorgerufen werden. Aber auch

das Bild selbst besitzt keinen einheitlichen Maßstab. Es würde einen unvermeidbar hohen Aufwand bedeuten, das Aufnahmegerät im Flugzeug so zu stabilisieren, daß genaue Senkrechtaufnahmen entstehen. So verzichtet man hierauf von vornherein. Das Entzerrungsgerät erfüllt dann die Aufgabe, alle Einzelluftbilder in strenge Senkrechtaufnahmen einheitlichen Maßstabes umzubilden. Diese können zu einem zusammenhängenden Plan zusammengefügt werden. Durch die automatische Steuerung der optischen Abbildungsbedingungen ermöglicht dieses Gerät ein schnelles und zügiges Arbeiten. Im ebenen Gelände kann dieser Luftbildplan auch die Grundlage für eine Signaturkarte bilden.

In den weniger entwickelten Gebieten wird es sicher gelingen, Karten oder Pläne zu erzeugen, die für längere Zeit mit der Örtlichkeit übereinstimmen. Dort aber, wo das wirtschaftliche Leben pulsiert, ändert sich das Gesicht des Landes Tag für Tag. Straßen, Kanäle, Kraftwerke und Eisenbahnen und vieles mehr müssen neu in die Karte aufgenommen werden. Dieser Laufendhaltung der Vermessungswerke dient der einfache Luftbildumseiner. Im Prinzip entspricht er einem kleinen Entzerrungsgerät, jedoch wird das Luftbild hier optisch dem Kartenbild überlagert, so daß die Veränderungen mit einem Zeichentisch in die Karte eingetragen werden können.

Luftbildplan und Situationskarte geben die Geländeoberfläche jedoch nur in zwei Dimensionen wieder. Nur indirekt kann auf die dritte Dimension, die Höhe, geschlossen werden. So wohl für Ingenieurbauprojekte als auch für Interpretationszwecke ist aber die Kenntnis der Geländegestaltung von großem Wert. Um die Jahrhundertwende entstand nun in Jena eine Methode, die der Photogrammetrie bei der Erfassung der dritten Dimension eine wertvolle Hilfe leisten sollte. Es war dies die Einführung der messenden Stereoskopie durch C. P. RABINOWITZ. Sind zwei Bilder über einer Basis so aufgenommen, daß ein Teil des Objektes auf beiden Aufnahmen

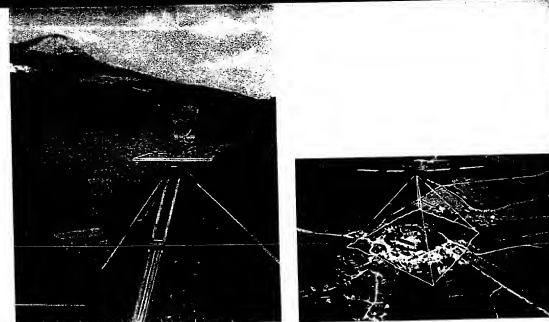


Bild 1: Topograph bei der Arbeit • Bild 2: Luftbildaufnahme

Bild 4: Luftbildplan • Bild 5: Spiegelstereoskop • Bild 7: Stereopantometer

Multiplex her, der Mitte der dreißiger Jahre von Jena aus seinen Weg in die Welt nahm. Es gibt Einwände gegen dieses Gerätesystem, aber die photogrammetrische Praxis in den weiträumigen Ländern zeigt, daß für diese Aufgaben bisher nichts Besseres geschaffen wurde. Das Grundprinzip dieses Gerätes ist denkbar einfach. Die Projektorenreihe entspricht in ihrer gegenseitigen Zuordnung den Aufnahmestandorten des Flugzeuges. Länge, Querneigung und Höhenunterschied werden an den Einzelprojektoren entsprechend der Lage der Aufnahmekammer eingestellt und die Gesamtheit des Bildstreifens wird als Anaglyphenprojektion auf einem in der Höhe verstellbaren Zeichentischchen aufgefangen. Mit dessen Leuchtmärke lassen sich nun Raumkurven (Situationslinien) und Höhenlinien im Raummodell abfahren und deren Grundrißprojektion mit einem unter der Marke angebrachten Zeichentisch auftragen. Die verkleinerte Rekonstruktion des Aufnahmevorganges und die Verkleinerung der Original-Luftbildaufnahmen von 18 cm x 18 cm auf 40 mm x 40 mm bzw. 60 mm x 60 mm führen zu einem mittleren Gerät, das ohne besondere Schwierigkeiten transportiert oder auch in einer fahrbaren Auswertestelle noch untergebracht werden kann. Die Aneinanderreihung eines Flugstreifens bietet die Möglichkeit, lange Modellverbände in ihrer Gesamtheit in ein weiträumiges terrestrisches Festpunktnetz einzuhängen. Damit löst der Multiplex als einziges Gerät dieser Größenordnung die wichtige Aufgabe des Folgebildschlusses und der Aerotriangulation. Die jetzt wieder lieferbaren Multiplexausrüstungen sind entsprechend den heute verwendeten Aufnahmekammern mit Normal-, Weit- und Überweitwinkelobjektiven ausgerüstet. Davon besitzt letzteres einen Öffnungswinkel von 122°. Im Maximum kann das Gerät mit 24 Projektoren bestückt werden. Es ist üblich, die photogrammetrischen Geräte in Gruppen einzuteilen. Diesen Prinzipien folgend, gehört der Multiplex zu den Auswertegeräten der II. Ordnung für die Auswertung von Karten mittlerer und kleiner Maßstäbe.

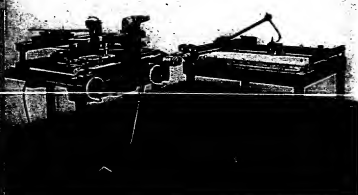
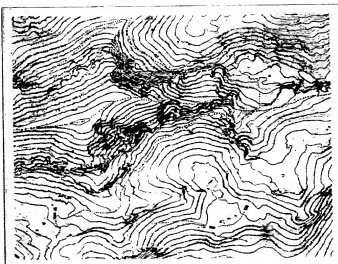
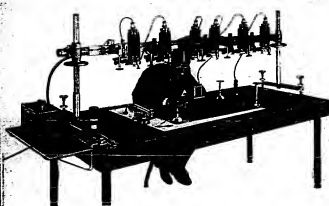
Als Spitzengerät I. Ordnung für großmaßstäbliche Auswertungen und genaue Aerotriangulationen stellen die Jenaer Werkstätten seit über 30 Jahren den **Stereoplanigraph** her. Wie der Multiplex gestattet auch dieses Gerät eine linienweise automatische Kartierung an Hand des Raummodells. Die Verwendung der Originalaufnahmen und die hohe Präzision des Instrumentes steigern die Auswertegenauigkeit auch für größte Maßstäbe in den für die konventionellen terrestrischen Aufnahmeverfahren gültigen Bereich hinein. Seitdem der erste Stereoplanigraph die Jenaer Montagehallen verlassen hat, haben andere feinmechanisch-optische Betriebe ebenfalls ähnliche Auswertemaschinen gebaut. Auch der Stereoplanigraph wurde ständig weiterentwickelt. Aber fast unver-



Bild 3: Selbstjustierendes Entzerrungsgerät SEG 1 • Bild 5: Luftbildumzeichner

dargestellt ist, so erscheint bei geeigneter Betrachtung das Gemeinsamskeitsgebiet als Raummodell in drei Dimensionen. Ein solches Betrachtungsgerät ist das **Spiegelstereoskop**. Für eine Interpretation leistet es bereits wertvolle Dienste. Zusammen mit dem Zeichenstereometer kann man Messungen von Baumhöhen, Gebäudehöhen u. a. im Raummodell vornehmen. Auf einer Parallelführung als **Stereopantometer** aufgebaut, gelingen bei Anwendung besonderer Arbeitsmethoden bereits Signaturenkartenauswertungen in kleinen Maßstäben. Dabei müssen, um die Fehler klein zu halten, Bilder verhältnismäßig großen Maßstabes verwendet werden. Die Wirtschaftlichkeit der photogrammetrischen Arbeit aber wächst,

wenn möglichst wenige Bilder kleinen Maßstabes das Aufnahmeobjekt darstellen. Dabei soll der Bildmaßstab so gewählt sein, daß gerade noch alle in der Karte darzustellenden Details zur Auswertung kommen. Zur Auswertung müssen in diesen Fällen jedoch kompliziertere Geräte zur Anwendung kommen. Ein relativ einfaches Gerät, das jedoch eine exakte Lösung der vorgegebenen Aufgabe liefert, ist der **Aeroprojektor Multiplex**. Für großräumige Luftvermessungen in mittleren bis kleinen Maßstäben hat sich dieser Gerätetyp in den vergangenen 20 Jahren in allen Erdteilen bestens bewährt. Eine Reihe ausländischer Firmen stellt heute Nachbauten des



ändert hat sich das seit 1922 benutzte rein optische Projektionssystem immer wieder als vorteilhaft gegenüber rein mechanischen oder optisch-mechanischen Lösungen erwiesen. Der Stereoplanigraph ist zu einem Begriff für Präzision in aller Welt geworden. Auch jetzt gehen diese großen Auswertemaschinen wieder hinaus in alle Welt und sind Helfer beim friedlichen Aufbau.

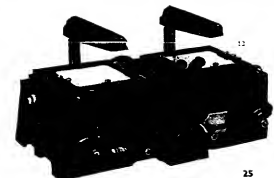
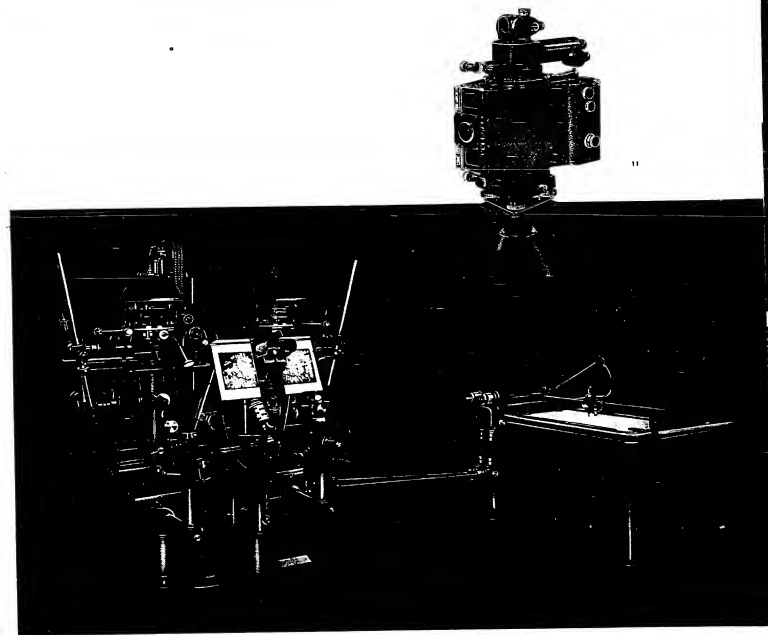
Nicht immer lohnt die Organisation besonderer Vermessungsflüge wegen der örtlichen Begrenzung des Aufnahmeobjektes. Auch meteorologische Bedingungen können manchmal eine Aufnahme aus der Luft unmöglich machen. Trotzdem kann sich auch in diesen Fällen der Vermessungsingenieur der photogrammetrischen Aufnahmemethode bedienen. Zu diesem Zweck ist vor wenigen Jahren in den Jenaer Werkstätten eine Aufnahmeapparatur — **Photohedolit** — entstanden, die die Aufnahme von Meßbildpaaren (Stereogrammen) von der festen Erde aus gestattet. Diese Meßkammer kann aber nicht nur für die Landkartenherstellung Verwendung finden. Es gibt eine Reihe von Anwendungsgebieten dieses terrestrisch-photogrammetrischen Verfahrens auch außerhalb der Topographie.

Zwar können derartige Erdmeßbilder mit dem Stereoplanigraphen ausgewertet werden. In Anbetracht der immer weiter fortschreitenden Entwicklung des Stereoplanigraphen zum Spezialgerät für die Luftbildmessung erscheint jedoch dieser Weg als unzweckmäßig. So entstand ein neues Auswertegerät für terrestrische Aufnahmen, der **Stereoautograph**. Auch dieses moderne Zweibildkartengerät verwendet ein bewährtes Lösungsprinzip, welches 1908 der bekannte österreichische Ingenieur E. v. Orel erfand.

Nicht immer ist es der Zweck einer Vermessungsaufgabe, die photographischen Aufnahmen zu einer Karte zu verwerten. Es gibt eine Reihe von Fällen, in denen das gewünschte Ergebnis als Funktion der Bildkoordinaten eines Zielpunktes dargestellt werden kann. Solchen Zwecken dient der **Stereokomparator**. In neuer Form stellt sich auch hier ein Gerät vor, welches seine Zweckmäßigkeit und Brauchbarkeit bereits seit 1901 unter Beweis gestellt hat und das praktisch den Ausgangspunkt der photogrammetrischen Geräteentwicklung unseres Werkes bildete. Im Hinblick auf die heute auch in der photogrammetrischen Praxis eindringenden programmgesteuerten Rechenautomaten kommt gerade solchen Meßgeräten wieder eine besondere Bedeutung zu.

55 Jahre Entwicklung und Bau photogrammetrischer Geräte bilden ein erfährtes Kollektiv von Werkleuten und Konstrukteuren. Es gibt keinen Fachmann in Deutschland oder anderswo, der diese Erzeugnisse aus Jena nicht kennt. Er schätzt die Tätigkeit unserer Spezialisten, die ihr Können in den photogrammetrischen Instrumenten investieren. Damit geben sie ihm eine wertvolle Arbeitsreserve für die schnelle Erfüllung seiner Aufgaben in die Hand.

Bild 8: Auswertegerät Helioflex
Bild 9: Auswertegerät
Bild 10: Stereoplanigraph • Bild 11: Photohedolit
Bild 12: Stereomessgerät • Bild 13: Stereokomparator



110 JAHRE CARL ZEISS JENA



Blick auf die Büsten von Carl Zeiss und Ernst Abbe und auf das Relief von Otto Schott in der Empfangshalle des Zeiss-Hochhauses in Jena im November 1956



An den Gräbern von Carl Zeiss, Ernst Abbe und Otto Schott am 17. November 1956
Carl Zeiss: „Der Gründer unseres Werkes“ • Ernst Abbe: „Der hervorragende Wissenschaftler und großen Menschen“ • Otto Schott: „Der Schöpfer des optischen Glases“

VEB Carl Zeiss JENA auf Messen und Ausstellungen 1957

Unsere Waren und 1957 mit eigenen Ausstellungsständen in den Rahmen von DDR-Ausstellungen beteiligt an folgenden Messen und Ausstellungen:
Paris, Int. Messe Juni 1957, **Zagreb**, Int. Messe September 1957, **Brüssel**, Int. Messe April 1957, **Brüssel**, Internationales Linsen- und optisches Glas, Int. Messe Mai 1957, **Lyon**, Int. Messe April 1957, **Wien**, Int. Messe September 1957, **Sankt Petersburg**, Int. Messe September 1957, **Belgrad**, Juli 1957, **Tunis**, Informationsstand Int. Messe September 1957, **Casablanca**, Informationsstand Int. Messe September 1957, **Cairo**, Industriemessung, IV. Quartal 1957, **El Taber**, Industriemessung und Ernteschau, I. Quartal 1957, **Damaskus**, Int. Messe September 1957, **Rangoon**, Int. Messe IV. Quartal 1957, **Surabaya**, Int. Messe 26. 6. b. 6. 8. 1957.
Diese vorläufige Übersicht enthält Angaben über weitere Messen und Ausstellungsleistungen unserer Werke in den folgenden Nummern der JENAER RUNDschau fortzuführen und ergänzt werden. Wie bereits aus früheren und interessanten von Zeiss-Geräten in den in Frage kommenden Ländern sich Ort und Termin dieser Messen vorzugeben, es zugehörig für die meisten dieser Ausstellungen Zeiss-Spezialisten zur Erstellung von Auskünften und zur Beratung der Besucher anwesend sein werden.

Jubiläumsschrift 110 Jahre Carl Zeiss JENA

Die Bestellkarten und Nachfragen nach der in Nr. 1 der JENAER RUNDschau angekündigten Jubiläumsschrift „Trachten und Fortschritt 1846-1956“ 110 Jahre Carl Zeiss JENA“ liegen in so großer Zahl ein, daß schon nach wenigen Tagen

die gesamte Auflage von zehntausend Exemplaren vergriffen war. Wir waren daher zu unserem Bedauern außerstande, allen Wünschen und Bestellungen gerecht werden zu können und bitten alle, die Leser der JENAER RUNDschau, deren Wünsche nicht berücksichtigt werden konnten, um Verständnis und Nachsicht. Literarisches Büro

Zeiss-Tonkino-Kofferanlagen unter härtesten klimatischen Bedingungen auf dem „Dach der Welt“

Oswald die transportable Kofferanlage in den Rahmen des vielfältigen Produktionsprogramms unseres Werkes zu einem der jüngsten Fortschrittskämpfe gehören, bestreite ich nicht. Schon das Wortes — einen guten Klang. Die Tausende von Geräten, die im vergangenen Jahrzehnt das Werk verlassen haben, brachten Millionen Menschen Freude, Erholung und Entspannung, vor allem in Gegenden, in denen der Besuch von Lichtspieltheatern nicht möglich ist, oder Kinovorführungen bisher völlig unbekannt waren.

Wolche Anerkennung unsere Schallfilmanlagen im fernen Tibet gefunden haben, beweist ein Schreiben vom 14. 10. 55 aus Lhasa. Unter anderem heißt es darin:
„Die Mitglieder aller tibetischen Film- und Klanggruppen und von der Überlegenheit der Geräte, die ihr mit euren Händen gefertigt habt, auf stärkste beeindruckt. Euer Vorführpunkt streicht sich durch letzte Handhabung durch klare Klangübertragung und durch scharfe Zeichnung der Bilder aus... das verwirklichte Vorführungen stets ohne jede Störung und vermittelten dem tibetischen Zuschauer stärkste Eindruck...“

Wir haben unseren Beruf, darum haben wir unsere Geräte — die Zeissfilmprojektor — Ihr schenken sie wie unsere eigenen Augen. Ihr begnügt bedenken, daß wir auf dem Wege zu den Aufnahmegeräten die Geräte auf Jahr 1. 1956 in Peking verladen wurden. Dann geht der Versuch zu den Dürfen und Weidgebieten in Hundstagen Klavieren von unserem Standort entfernt... So dienen Zeiss-Tonkino-Koffer-Anlagen als Mittel der Kultur in den abgelegenen Dörfern und weit verstreuten Wüstengebieten auf dem „Dach der Welt“, in Tibet. Unsere Geräte sind dort härtesten Beanspruchungen ausgesetzt und arbeiten ordnungsgemäß, auch unter den dort herrschenden außergewöhnlichen klimatischen Verhältnissen, zur völligen Zufriedenheit ihrer Benutzer. Welt

Carl Zeiss weltbekannt Ein Brief aus London

Am 14. 11. 56 ging bei uns ein Brief im Briefkasten ein. Adresse aus London an: Brock & Michelsen, Carl Zeiss.

Zur Erklärung der Adresse: Die Firma Brock und Michelsen war unsere dänische Vertretung in Kopenhagen und ist jetzt für Oberkochen tätig. Sie führte in ihrem Briefkopf neben ihrem Firmennamen unser Warenzeichen, jetzt das von Oberkochen.

Der Absender des Briefes ist eine englische Firma für Mikroskope. Der Briefempfänger sollte die Firma Brock & Michelsen in Kopenhagen, Dänemark sein. Der Briefinhalt betrifft nun das Versehen, unterlaufen, anstelle des Ortes und der Straße der dänischen Firma die Worte Carl Zeiss in die Adresse einzusetzen.

Die englische Post liest den Brief an die deutsche Post. Er geht also bei der Letztstelle der

Dieser Vorgang zeigt und beweist:
Carl Zeiss und Jena sind eins, beide sind als ein Begriff weltbekannt. Der Name Zeiss (auch ohne Ortsangabe) auf Postsendungen läßt alle Postanstalten und Postleitzellen der Welt diese nach Jena leiten.
Der Brief aus London, der drei Tage vor unserem 110-jährigen Jubiläum in Jena eintraf, war für uns ein besonders erfreuliches Geburtstags-geschenk. RM

Prof. Heckmann, Hamburg-Bergedorf
über das 2-m-Universalspiegelteleskop
der Deutschen
Akademie der Wissenschaften

In der Nähe von Jena wird von der Deutschen Akademie der Wissenschaften eine Sternwarte errichtet werden, die das im VEB Carl Zeiss JENA im Bau befindliche 2-m-Universitätsteleskop nach dessen Fertigstellung aufnehmen wird. Dies teilte Prof. Dr. O. Heckmann, Direktor der Sternwarte Hamburg-Bergedorf, auf der 42. Tagung der Astronomischen Gesellschaft in Hannover mit. Das Teleskop ist das erste seiner Art in der Welt und wird den Astronomen ganz Deutschlands zur Verfügung stehen. Ein Direktorat, bestehend aus den Professoren Gorch. Heckmann, Hoffmeister, Kienle, Lambrecht und

Wempe, wurde mit der Leitung des
desee Akademie-Institutes betraut.

(Fortsetzung von Seite 2)
E. Helbig, Einiges über die Methoden der Farbmessung und ein nach dem Gleichheitsverfahren arbeitendes Farbmeßgerät: H.J. Martin, Ein neues Impedanz-Meßgerät: L. Leiterer, Der Regelkreis eines selbstabgleichenden Photometers unter Berücksichtigung Coulombscher Reibung.

[illegible]

system mit einer oder mehreren unabhängigen Variablen.

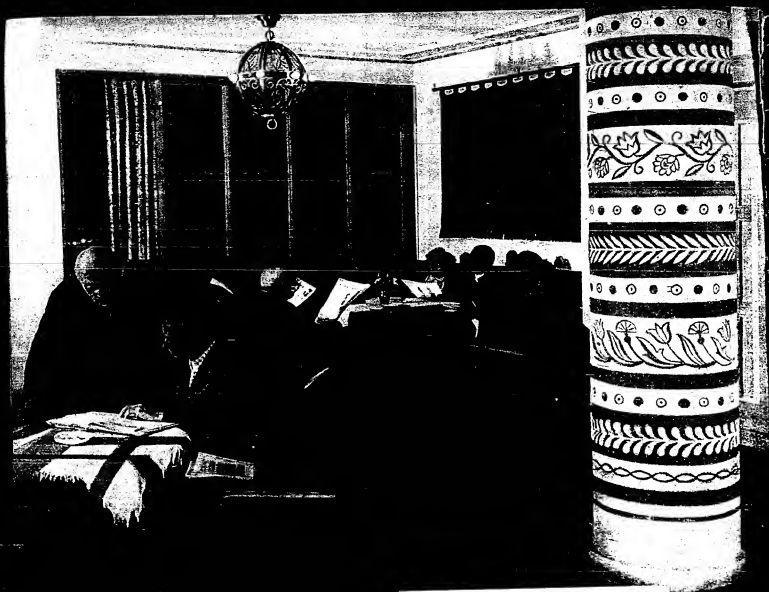
Inhaltsverzeichnis Jahrbuch 1955 II: H. Lucas, Fritz Ldwe zum Gedächtnis; A. Sonnefeld, Ernst Abbes Verdienste um die Zeiss-Doppelfokkerreihe mit Umkehrprismen; H. Böggehold und B. Bernhardt, Die Weiterarbeit an Mikroskopobjektiven und -okularen im Zeiss-Werk seit Abbes Tod; H. M. Pol, Spaltkrümmung und Auflösungsvermögen bei Spiegelmonochromatoren; W. Falta, Über die Auswertung von Papierelektraphotografenstreifen und ein hierfür bestimmtes einfaches Zusatzgerät zum Pulfrich-Photometer; L. Schneider, Neueartige Mattschoblen; H. Lapp, Das Mikroskop im chemischen Laboratorium; D. Hasselmeier, Die Inversoren nach Hart und Peaucellier als Zirkel für große Kreisbogen.

Berichtigungsblatt zu Heft 1/56

Durch bedauerliches Versehen wurden im Brieftrag Dr. Krohs: Photozellen in Nr. 1, 1956 Bild unterschrieben verwechselt.
Bild 2a zeigt links eine Spezialmelzelle für sichtbare oder infrarote Strahlung, rechts Zelle mit Licht Eintrittsfenster aus Quarz für ultraviolette Strahlung.
Bild 2b: obere Abbildung zeigt Kupfermelzelle für sichtbare oder infrarote Strahlung, untere Abbildung Kugelmelzelle mit Quarzfenster für UV-Strahlung.
Bild 3 zeigt die alte Spezialmelzelle, „Schirmsteinstoßzelle“, mit Quarzfenster, die heute nicht mehr gebaut wird.

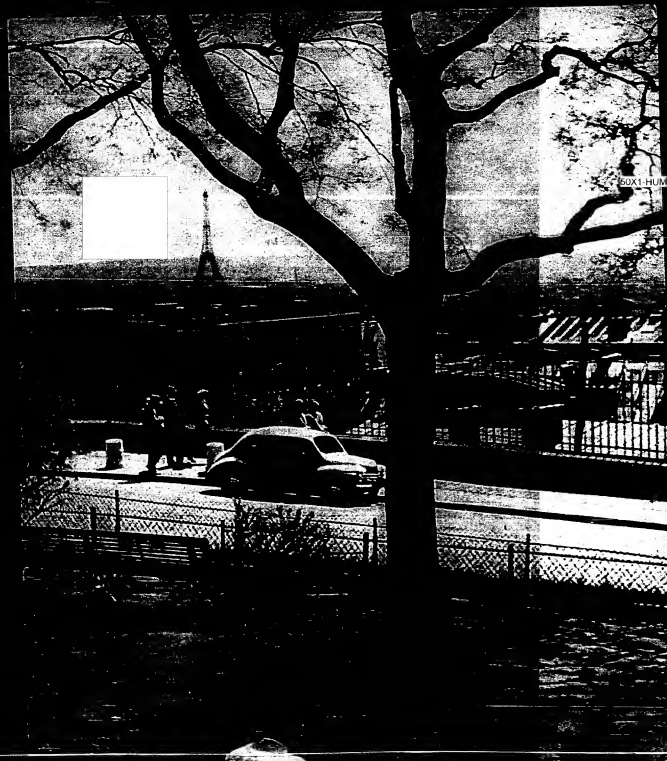


Bild links: Zeiss-Tonkinhoff-Anlage



D

im Berghotel „Steinhaus“ der Carl-Zeiss-Stiftung, das als Urlaubshaus von unserem Werk unterhalten und betrieben wird, finden zu 14-tägigen Urlaubsaufenthalten jeweils 100 Werkangehörige zum Preise von 35,— DM volle Pension. In 750 m Höhe am Adlersberg, nahe Schmiedefeld (Bismarck) gelegen, erholen sich unsere Urlauber in frischer, würziger, staubfreier Luft des Thüringer Waldes. Die gepflegten und geschmackvoll eingerichteten Räume des Bergheides bieten Ihnen alle Bequemlichkeiten, eine sorgfältige Betreuung und Bedienung jede Entspannung. Im Ferienheim Scheibenberg des VEB Carl Zeiss JENA, in unserem Ostseehaus „Wald und See“ Kühlpinne, im Wintersportheim Cursdorf, im Wanderheim am Riesenock bei Kahlis finden zu 14-tägigen Urlaubsaufenthalten, aber auch zu Wochenurlaubszeiten, jeweils weitere 192 Urlauber Aufnahme und Erholung.



Leistungsfaktor und Empfindlichkeitsmessung bei Thermoelementen und Thermosäulen

Herbert Krumm

I. Zu der Frage, welcher Leistungsfaktor von Zapfenelementen, d. h. von solcher Konstruktion, wie sie heute für Hochleistungsempfänger am meisten angewandt wird, erreichbar ist, kann man unter Verwendung der in einem vorangegangenen Artikel [1] bereits angegebenen Nomenklatur, die hierzu noch durch folgende Beziehungen erweitert sei:

k_0, k_2 = Wiedemann-Franz'sche Konstante der verwandten Thermometalle [Watt-Ohm-grad⁻¹];
 L_1, L_2 = Lorenzzahl der verwandten Thermometalle [Watt-Ohm-grad⁻¹];
 A_1, A_2 und A_1, A_2 = Absorptionskoeffizient der Empfängerfläche bzw. Verlustfaktor des Eintrittsfensters;
 p = Thermokraft der verwandten Thermometalle [Volt/grad⁻¹];
 θ = Absolute Temperatur [°K];
 R_{St} = Strahlungswiderstand der Empfängerfläche [grad-Watt⁻¹];
 m, m' = Thermometalle (dimensionslos);
 folgendes aussagen:

Für die Empfindlichkeit S_E gilt die Gleichung

$$(1) S_E = A_1 \cdot p \cdot R_{St}$$

Unter der Bedingung, dass die Wärmeabfuhr durch die Strahlung ebenso wie durch die Luftführung infolge nicht ausreichenden Vakuums gegenüber der Wärmeableitung durch die Thermoverbindungen zu vernachlässigen ist, wird

$$(2) R_{St} \approx R_{th}$$

Johansen [2] hat für das optimale Verhältnis zwischen den elektrischen Widerständen der beiden Thermoverbindungen R_1 und R_2 und deren Wärmeableitwiderständen R_{k1} und R_{k2} folgende Bedingung aufgestellt:

$$(3) \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_{k1}}{R_{k2}}$$

Unter Berücksichtigung, dass

$$(4) R_{k1} = \frac{R_1}{k_1} = \frac{R_2}{k_2} = \frac{R_{k2}}{k_2}$$

$$(5) R_1 = \frac{R_{k1}}{k_1} = \frac{R_{k2}}{k_2}$$

$$(6) R_2 = \frac{R_{k2}}{k_2} = \frac{R_{k1}}{k_1}$$

$$(7) R_{th} = \frac{R_1}{k_1} = \frac{R_2}{k_2} \approx R_1$$

Für die Zeitkonstante τ gilt

$$(8) \tau = \frac{C}{k_1} = \frac{C}{k_2}$$

Aus diesen Gleichungen folgt zu guter Letzt in Gleichung (1) des vorangegangenen Artikels [1]

$$(10) M = \frac{1}{k_1} \cdot \frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{k_1} \cdot \frac{1}{k_2}$$

Führen wir diese in Gleichung (1) ein, so ergibt sich

$$(11) L_1 = \frac{1}{k_1} \cdot \frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{k_1} \cdot \frac{1}{k_2}$$

ein, dann geht die Gleichung (10) über in:

$$(12) M = \frac{1}{k_1} \cdot \frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{k_1} \cdot \frac{1}{k_2}$$

Geling [3] hat den Begriff Thermometallezahl

$$(13) m = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(14) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(15) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(16) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(17) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(18) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(19) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(20) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(21) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(22) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(23) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(24) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(25) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(26) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(27) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(28) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(29) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(30) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(31) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(32) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(33) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(34) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(35) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(36) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(37) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(38) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(39) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(40) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(41) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(42) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(43) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(44) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(45) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(46) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(47) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(48) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(49) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(50) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(51) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(52) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(53) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(54) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(55) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(56) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(57) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(58) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(59) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

$$(60) m' = \frac{L_1 \cdot L_2}{p^2}$$

tionsschichtdicke mit der Wärmekapazität K_{th} von etwa $8.5 \cdot 10^{-4}$ beträgt, dann würde $M \approx 0.85$. Selbstverständlich sind die oben angegebenen Voraussetzungen praktisch nur unvollkommen zu verwirklichen und daher stellen diese Leistungsfaktoren für die zugrunde gelegten Voraussetzungen die äußerste Grenze dar, deren praktische Realisierung ohne Steigerung der grundlegenden Materialdaten nicht möglich ist. z. B. der Strahlungswiderstand R_{St} im Verhältnis zu R_{th} nicht zu vernachlässigen, oder würde man sich — wie immer wieder empfohlen wird, was aber nur richtig ist, wenn man die Beurteilung der Leistungsfähigkeit beachtet — an die sogenannte Johansensche Bedingung für das Verhältnis von R_{St} zu R_{th} halten, was als optimale Bedingung $R_{St} = R_{th}$ zu wählen ist, dann ergibt sich in obiger Rechnung anstelle von (2) $R_{St} = \frac{R_{th}}{2}$, und damit würde die äußerste

Grenze des Leistungsfaktors um $\frac{1}{2}$ kleiner sein, anstelle 0.7 bzw. 0.85 würden 0.5 bzw. 0.6 stehen. Es ist also entgegen der in der Literatur verbreiteten Meinung festzustellen, daß die Einhaltung der Johanssenschen Bedingung keinen optimalen Leistungsfaktor gibt. Da aber zur Erreichung dieses Leistungsfaktors noch eine größere Zahl von zusätzlichen Bedingungen einzuhalten sind, die technisch durchweg schwer zu realisieren sind, ergab sich aus den obigen Überlegungen heraus unter geringen Zutrauen zu Angaben von Leistungsfaktoren die diese Grenze angahen erreichen bzw. überschreiten sollten. Unsere Nachprüfungen und Vergleichsmessungen haben das insoweit auch bestätigt, als wir reale Leistungsfaktoren, die über 0.25 wesentlich hinausgehen, bisher bei Vermessungen fremder Fabrikate nicht gefunden haben. Unsere praktischen Erfahrungen bei der Herstellung unserer eigenen Thermoelemente haben uns weiter gezeigt, daß es, abgesehen von gelegentlichen Zufallsereignissen, großer Sorgfalt und vieler technologischer Kunstgriffe bedarf, um mit einem Teilsatz von Leistungsfaktoren, die sich dieser Grenze nähern, in einer Serienproduktion zu realisieren. Weer in der Fachliteratur noch aus den Prospekten der gewerblichen Hersteller ist bisher klar zu erkennen, für welche Fenster die angegebenen Werte für S_E gemeint sind. Es dürfte eher zweifelhaft sein, neben S_E , welches die Empfindlichkeit unter Errechnung der Fensterverluste angibt, noch eine zweite Bezeichnung für die Empfindlichkeit eines Strahlungsempfängers einzuführen, die die Empfindlichkeit ohne Grundempfindlichkeit S_{E0} des empfindlichen Empfängerelementes anzeigt. Diese soll anzeigen, welche Spannung das empfindliche Empfängerelement ohne die Fensterverluste abgibt, d. h. $S_{E0} = S_E \cdot A_1$ und entsprechend könnte man einen umsprungigen oder Grundleistungsfaktor M_0 als $M_0 = \frac{1}{k_1} \cdot \frac{1}{k_2}$ einführen. Die Anpassung eines Empfängerelementes an eine Last aus folgenden praktischen Gründen:

1. Ist die Wahl des Fensters meistens von Umständen abhängig, die mit der gegebenen Leistungsfähigkeit des Empfängerelementes selbst nichts zu tun haben.
2. Kann das Fenster als Linse ausgebildet werden und damit in den Fällen zum Beispiel ein Auskugeln der Abblendeoptik mit herangezogen werden, was deshalb besonders günstig ist, weil hierbei diese optische Abblendeoptik sehr nahe an die Empfängerfläche herangebracht werden kann.

3. Kommt bei Messungen in den Spektralgebieten, in denen das Fenster maximale Durchlässigkeit besitzt, immer die Grundempfindlichkeit S_{E0} annähernd zur vollen Wirkung, während in den anderen Gebieten die Empfindlichkeit entsprechend der Durchlässigkeit bis auf 0 herabsinken kann. So würde z. B. ein Thermoelement mit einem Quarzfenster bei einem 100-Strahler wegen seiner geringen Durchlässigkeit in dem bei 100°C gegebenen Wellenlängenbereich nur noch einen Bruchteil seiner Empfindlichkeit aufweisen, während es im Bereich, in dem das Quarzfenster durchlässig ist, volle Empfindlichkeit liefert. Es kann sogar folgender Fall eintreten: Wenn mit Hilfe entsprechend durchlässiger Fenster die Grundempfindlichkeit des Thermoelementes S_{E0} an einem 100-Strahler bestimmt worden ist, dann kann das gleiche Element mit einem Quarzfenster in seinem Durchlässigkeitsbereich trotz gewisser Fensterverluste eine größere Empfindlichkeit S_E besitzen als dieses am 100-Strahler ermittelte S_{E0} , und zwar infolge einer geringen restlichen Selektivität der Absorptionsschicht, die durch einen gewissen Abfall des Absorptionsvermögens der Schwarzschild bei längeren Wellen gegeben und nur schwer zu vermeiden ist, wenn bei der Auslegung des Thermoelementes nach einer kleineren Zielwellenlänge und dem damit verbundenen optimalen (für ein gegebenes Wellenlängenbereich gestrebt wird, in diesem Falle kommt dann bei der integralen Bestimmung des S_E am 100-Strahler selbstverständlich eine kleinere Empfindlichkeit heraus, als bei den kürzeren Wellenlängen des nahen Ultraviolett bis zum Ultraviolett vorhanden ist, wo die Absorptionseigenschaft auch bei dünnen Absorptionsschichten meistens nahe bei 100% liegt. Man sieht, daß daher auch die Kenntnis des Spektralbereiches, in dem der Empfänger benutzt werden soll, für den Hersteller bei der optimalen Auslegung der Konstruktion von Bedeutung ist. Aus diesen Überlegungen folgt, daß bei Verwendung des Begriffs S_{E0} der Benutzer für sein jeweiliges Problem selbst entscheiden kann, welches Fenster nach Material und Form das günstigste ist, und daß er ebenfalls selbst errechnen kann, mit welcher Empfindlichkeit S_E er, je nach dem benutzten Fenster, bei verschiedenen Wellenlängen rechnen kann, d. h. welche Umrechnungsfaktoren er jeweils anwenden muß, wobei für genaue Messungen die Kenntnis einer exakt, noch vorhandenen Selektivität sowie die Kenntnis der zur Empfindlichkeitsmessung benutzten Strahlertemperatur nützlich sein wird, welche Frage in einem weiteren Bericht noch eingehender diskutiert werden soll.

Zur Frage, wie der Leistungsfaktor nach Jones bei der Auslegung von Meßanordnungen anzuwenden ist, ist noch einiges zu sagen. Im vorangegangenen Artikel wurde bemerkt, daß daraus, daß in der Leistungsfaktor M $\frac{1}{k_1}$ und $\frac{1}{k_2}$ eingehen, der Leistungsfaktor von Thermoelementen mit verschiedenen Empfängerflächen und der Größe dieser Fläche selbst praktisch unabhängig wird, und daß damit die effektive Leistungssteigerung einer Meßanordnung durch Verkleinerung der Empfängerfläche mehr das Verdienst der Optik als das des Thermoelementes ist. Dieser Satz sei zum besseren Verständnis hier noch etwas näher erläutert.

Für die Bestimmung der Gesamtleistung einer Strahlungsmessanordnung ist, wie es ja auch in der erwähnten Gleichung (1) mit der Dichte zum Ausdruck gebracht wird, die Fläche des Empfängers bzw. die durch eine starke Optik erreichte Konzentration der zur Verfügung stehenden

Strahlungsleistung ohne Bedeutung; da interessiert letzten Endes nur der Meßauschlag, der bei einer bestimmten zur Verfügung stehenden und auf den Empfänger gegebene Strahlungsleistung erreicht wird. Wie dabei dieser Meßauschlag selbst erreicht wird, ob durch bessere Optik oder durch bessere Strahlungsempfänger, bleibt bei der Betrachtung von Hettner und Dahlike gleichgültig. Die Gleichung des Leistungsfaktors des Thermoelements aber bringt ihrerseits zum Ausdruck, daß die Empfindlichkeit $S_0 = \frac{M \cdot \sqrt{F \cdot R \cdot T}}{U}$ ist.

Wenn also, wie es bei zweckmäßiger Auslegung des Empfängers tatsächlich ist, M von F , R und T weitgehend unabhängig bleibt, dann folgt daraus, daß S_0 umgekehrt proportional mit \sqrt{F} wächst, d. h. je kleiner die Fläche gemacht werden kann, um so größer wird S_0 , und damit wird bei vorgegebener auf die Empfängerfläche konzentrierter Strahlungsleistung der Meßauschlag oder die Gesamtleistung der Strahlungsempfänger so aufeinander abzustimmen, daß bei dem vorgesehenen R und T , die ihrerseits von der Auslegung des Verstärkers und der Modulationsfrequenz, besser gesagt, von den regelungstechnischen Daten des Meß- bzw. Registrierautomaten abhängen, ein Maximum für S_0 zu erreichen.

II. Es sind in der Literatur zwar viele Stellen zu finden, in denen von der Empfindlichkeit der vorgestellten Strahlungsempfänger gesprochen wird. Sie haben aber alle den Mangel, daß nähere Einzelheiten über die Messung derselben entweder gar nicht oder nur spärlich gegeben werden. Aus den wenigen Literaturstellen, in denen wenigstens Andeutungen darüber gemacht worden sind, wie die Messungen durchgeführt wurden, ist zu entnehmen, daß man in einfacher Weise mit einer bekannten Strahlungsquelle, Hefenkerze oder Hohlraumstrahler, den Empfänger in einem bestimmten Abstand bestrahlt und die dabei

methode die effektive Empfängerfläche kleiner anzugeben als sie tatsächlich ist oder bei metallischer Verkleidung des Thermoelements die Seitenflächen der Öffnung so zu gestalten, daß sie durch Reflexion zusätzlich Strahlen auf die Empfängerfläche werfen, um eine größere Empfindlichkeit zu erhalten als tatsächlich vorhanden ist. Gleiches kann durch irgendwelche reflektierende Flächen im Innern des Thermolements bewirkt werden.

Alle verstärkenden Einflüsse mittels Reflexionen aber haben mit der eigentlichen Empfindlichkeit des Empfängerelements selbst nichts zu tun, sondern haben lediglich als optische Mittel zur Konzentrierung der Strahlung zu gelten, die bei einer solchen unvollkommenen Meßmethode zwar eine scheinbare Erhöhung der Empfindlichkeit bewirken können, aber die für die Beurteilung der tatsächlichen Leistungsfähigkeit des Strahlungsempfängers selbst bedeutungslos sind. Bei der Verwendung des Strahlungsempfängers, z. B. in einem Monochromator oder UR-Spektrometer, ist es die Aufgabe einer gut ausgelegten Optik, die gesamte zur Verfügung stehende Strahlungsleistung auf die Empfängerfläche zu konzentrieren; bei der Lösung dieser Aufgabe sind aber solche reflektierenden Flächen ohne jeden Nutzen.

Welche Diskrepanzen sich so zwischen solch einfachen Meßmethoden und exakten Messungen ergeben können, dafür ein Beispiel an einem käuflich erworbenen Hochleistungsthermoelement. Mit Hefenkerze ohne Abbildungsoptik ergab sich unter Zugrundelegung der vom Hersteller angegebenen Empfängerfläche von $F = 0,4 \cdot 0,02 = 0,008 \text{ cm}^2$ eine Empfindlichkeit von $S_0 = 18 \text{ Volt/Watt}$, die mit dem im Prospekt angegebenen Wert lediglich übereinstimmte. Die Vermessung der tatsächlich vorhandenen Empfängerfläche mittels Meßmikroskop aber ergab eine solche von $F = 0,4 \cdot 0,07 = 0,028 \text{ cm}^2$. Würde man diese U die Empfindlichkeitsrechnung einsetzen, dann würde S_0 auf weniger als $\frac{1}{3}$ des obigen Wertes fallen. Diese Rechnung über ergibt für das betreffende Thermolement eine geringere Empfindlichkeit als tatsächlich erreicht werden kann, weil die örtliche Empfindlichkeit über die Empfängerfläche nach den Rändern zu abfällt und daher die Beschrankung auf eine kleinere effektive Empfängerfläche durchaus richtig ist. Bei Anwendung unserer exakten Meßmethode unter Berücksichtigung auf die angegebene effektive Empfängerfläche von $F = 0,4 \cdot 0,02 = 0,008 \text{ cm}^2$ ergab sich eine effektiv vorhandene Empfindlichkeit von 10 Volt/Watt . Da außerdem eine Zeitkonstante von 48 msec anstelle der angegebenen 30 msec festgestellt wurde, ergab sich ein wesentlich kleinerer effektiver Leistungsfaktor als laut Prospekt dafür zugesagt worden war, nämlich $M = 0,23$.

Unsere Meßmethode, die wir als Standardmeßmethode vorschlagen möchten, ist in Bild 1 schematisch dargestellt. Hier ist ein Hohlraumstrahler, der unter Berücksichtigung aller hierfür bekannten Bedingungen gebaut und mit gezieltem Dampgecüttes Pt-PtRh-Verdampfungs- und Verschluß auszurüstet ist. In die als Strahlungsquelle wirkende Innenwand ist ein vom DAMG gecüttes Pt-PtRh-Thermolement T eingebaut worden, dessen Thermospannung über ein Präzisions-Millivoltmeter M gemessen wird. Gleichzeitig wird im Falle, daß mit einer Temperatur von etwa 1000°C gearbeitet wird, diese mit einem ebenfalls vom DAMG gecüteten optischen Pyrometer P kontrolliert, wodurch evtl. Veränderungen der Thermolement-Temperaturen rechtzeitig entdeckt werden können. Bei einer zweiten von uns benutzten Meßanlage mit Tempera-

taturen um 250°C wird die Temperatur regelmäßig durch mehrere Präzisions-Quecksilberthermometer kontrolliert, die durch die Öffnung hindurch bis an die Innenwand geschoben werden. Dadurch sind größere Fehlmessungen der Strahlertemperatur praktisch ausgeschlossen. Die Öffnung des Strählers wird über den Spiegel $Sp I$ im Verhältnis 1:1 abgebildet, und zwar zur Vermeidung astigmatischer Fehler unter möglichst kleinem Neigungswinkel φ . An der Stelle dieses Bildes befindet sich die Spaltblende B , die nach Länge und Breite so eingestellt wird, daß sie eine etwas kleinere Fläche als die Empfängerfläche ergibt. Dieser Spalt wird ebenfalls im Verhältnis 1:1 über den zweiten Spiegel $Sp II$ auf die Empfängerfläche E selbst abgebildet.

Der Strahlungsempfänger ist auf einer solchen Montierung befestigt, daß er einfühlbar nach Seite, Höhe, Entfernung von $Sp II$ und um seine eigene Achse zu verstellen ist. Mit Hilfe dieser Verstellungen ist der Empfänger mit größter Sorgfalt so einzustellen, daß die am Kompensationswiderstand $R2$ ablesbare Spannung U ihr Maximum erreicht. Dabei ist dann, unter den Voraussetzungen, daß die Abbildungsfehler hinreichend klein sind und das Spaltbild selbst etwas kleiner ist als die Empfängerfläche, gesichert, daß nicht mehr und nicht weniger als die gesamte durch den Spalt kommende Strahlungsleistung auf die Empfängerfläche auftrifft.

Bei der Justierung der Spiegel, der Blende und des Empfängers geht man bei niedrigen Strahlungstemperaturen am besten so vor, daß man die Öffnung des Diaphragmas mit transparentem Papier überspannt, auf dem als Justiermarke ein schwarzes Kreuz aufgetragen ist und welches von hinten durch eine Glühlampe beleuchtet wird. Man kann dann die scharfe Abbildung am Ort des Spaltes und am Ort des Strahlungsempfängers durch Auffangen des Bildes auf einer Mattscheibe kontrollieren. Die vom Empfänger abgegebene Spannung U wird nach dem dargestellten Schema mittels Kompensation gemessen, wobei zu empfehlen ist, den Schalter S für die Kompensationsspannung mit dem Verschluß V des Strählers zu koppeln, so daß Gleichzeitigkeit zwischen Öffnen des Strählers und Einschalten der Kompensationsspannung erreicht wird. Das Galvanometer G wird dann als Nullinstrument bei richtiger Ausrichtung praktisch in Ruhe bleiben.

Die auf den $Sp I$ auftreffende Strahlungsleistung errechnet sich wie folgt: Nach dem Stefan-Boltzmannschen Strahlungsgesetz ist die von der Flächeneinheit eines schwarzen Körpers mit der absoluten Temperatur θ $^\circ\text{K}$ nach einer Seite abgestrahlte Leistung

$$(17) S = \sigma \cdot \theta^4$$

wobei σ die Stefan-Boltzmannsche Konstante $= 5,7 \cdot 10^{-12} \text{ Watt/cm}^2 \cdot \text{grad}^4$ ist. Der gesamte aus der Öffnung kommende Strahlungsfluß ist

$$(18) \Phi = F \cdot \sigma \cdot \theta^4$$

und verteilt sich in einer noch zu ermittelnden Weise auf die Halbkugel mit dem Radius a . Lassen wir die Strahlungsleistung auf jedem Breitenkreis dieser Halbkugel mit einem Breitenwinkel θ konstant. Für ringförmige Oberflächenstreifen von der Länge des Breitenkreises $2\pi \cdot a \cdot \sin \theta$ und von der Streifenbreite $a \cdot d\theta$ ergibt sich unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Öffnung F von jedem Punkt des Breitenkreises θ aus als $F \cdot \cos \theta$ erscheint, ein Strahlungsflußelement

$$(19) d\Phi = C \cdot F \cdot \sin^2 \theta \cdot \cos \theta \cdot d\theta \cdot \theta$$

(Fortsetzung Seite 61)

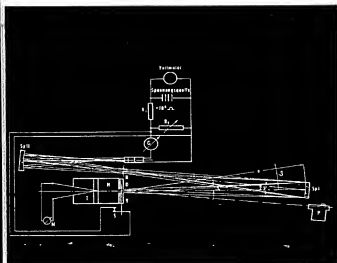
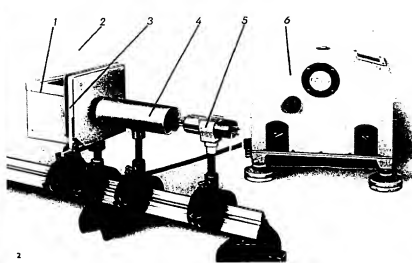


Bild 1: Schema der Meßanordnung für absolute Empfindlichkeitsmessungen. 1. Wasserkasten, 2. Thermolement, 3. Verschluß, 4. Reflektor für Abschirmung von Strahlung, 5. Reflektor für Abschirmung von Strahlung, 6. Galvanometer.



maßanordnung um so größer, je kleiner die Empfängerfläche werden kann.

Eine solche Verkleinerung der Empfängerfläche hat aber selbstverständlich nur Sinn, wenn es mit Hilfe optischer Mittel gelingt, die gesamte zur Verfügung stehende Leistung auf die Empfängerfläche zu konzentrieren, dann hat unzureichenden optischen Mitteln würde infolge schlechter Abbildung ein Teil der Strahlungsleistung an der Empfängerfläche vorbeigehen und dadurch für den Meßauschlag verloren gehen, wodurch sich anstelle eines Gewinnes durch Verkleinerung der Empfängerfläche dann eine Abnahme der Gesamtleistung der Meßanordnung ergeben würde. Die Aufgabe der Optik besteht also darin, unter Berücksichtigung der Gleichung für den Leistungsfaktor M des vorgesehenen Strahlungsempfängers die Konzentrierung der Strahlungsleistung und die Emp-

findlichkeit $S_0 = \frac{U}{F \cdot \sigma \cdot \theta^4}$ vom Empfänger abgegebene Spannung gemessen hat. Dann hat man nach den Strahlungsgesetzen die Strahlungsleistung Φ am Ort des Empfängers berechnet und diese durch die Empfängerfläche dividiert, um so zu dem Strahlungsfluß Φ zu kommen, der auf die Empfängerfläche auftrifft. Dividiert man die vom Empfänger erzeugte Spannung U durch den errechneten Strahlungsfluß Φ , dann erhält man die Empfindlichkeit $S_0 = \frac{U}{\Phi}$.

Wie bereits in dem vorangegangenen Artikel angedeutet wurde, kann eine solche einfache Meßmethode nicht als exakt anerkannt werden und nicht zu einwandfreien Leistungsvergleichen zwischen Empfänger verschiedener Konstruktionen führen. Daß diese Behauptung richtig ist, ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, daß es schon genügt, bei dieser Meß-

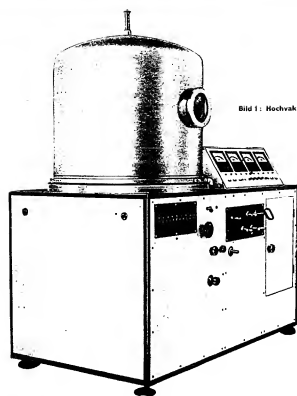


Bild 1: Hochvakuum-Bedampfungsvorrichtung

Über die Haltbarkeit und sachgemäße Behandlung optischer „Vergütungs-Schichten“

Hubert Pohlack

Der Begriff „Vergüten“ erinnert an bekannte hüttenkundliche Verfahren, die zur Verbesserung der Festkörpereigenschaften metallischer Werkstoffe, z. B. zur Härtung von Stählen und Stahllegierungen angewandt werden. Auch bei der „optischen Vergütung“, die Gegenstand dieses Aufsatzes ist, handelt es sich um das Ergebnis von „Veränderungen“ der Eigenschaften eines Werkstoffes — des Glases —, allerdings nicht in dem Sinne einer Strukturumwandlung des Materials, wie das beim metallischen Vergütungsprozess der Fall ist; vielmehr interessieren hier allein die optischen Oberflächeneigenschaften. Die Glasoberfläche zeigt ja bekannte Gittermäßigkeiten im Verhalten gegenüber auftretendem Licht: Die „einfallende“ Lichtenergie wird an dieser Grenzfläche (Luft-Glas) zu einem bestimmten Bruchteil reflektiert, während die gesamte restliche Lichtstrahlung in das Innere des zweiten Mediums eindringt, oder mit anderen Worten: durch die Grenzfläche hindurchgeht. Die Glasvergütung, den Begriff in seiner vollen Allgemeinheit aufgefächert, setzt sich zum Ziel, diese reflexions- und transmissionsfunktion optischer Glasoberflächen in mannigfacher Weise abzuwandeln und die gewonnenen Eigenschaften für verschiedenste Zwecke nutzbar zu machen. Technologisch wird dies durch „Aufbringen“ dünner Schichten aus glasfremdem Material auf die Optikoberflächen, meist unter Anwendung des Hochvakuum-Auflagerverfahrens, bewirkt. Eine moderne „Hochvakuum-Bedampfungsanlage“ ist in Bild 1 zu sehen. Die Herstellung der optischen Schichtsysteme oder

theoretische Einzelheiten über deren optische Wirkung sollen hier aber nicht behandelt werden; über diese Themen findet man in der Fachliteratur Angaben in jeder gewünschten Ausführlichkeit (s. Literaturverzeichnis). Vielmehr werden im folgenden eine Reihe von Fragen geklärt und Hinweise gegeben, die nach unserer Erfahrung für die Benutzung „beschichteter Optik“ wichtig sind. Dabei werden wir uns in Anbetracht der Vielzahl der verschiedenartigen optischen Konstruktionselemente, die auf der Grundlage der optischen Schichten entwickelt wurden und im Gebrauch sind, auf zwei optische „Vergütungssysteme“ beschränken, mit denen es der Benutzer optischer Geräte und Instrumente am häufigsten zu tun hat.

Reflexmindernde Schichten (Zeiss-„T-Belag“)

Eine reflexionsmindernde Schicht bewirkt, wie der Name sagt, eine Verringerung der von der Glasoberfläche reflektierten Lichtintensität; man kann auch von einer fast vollständigen „Reflexionsauslöschung“ oder „Entspiegelung“ des Glases sprechen. Durch diese Maßnahme wird eine beträchtliche Verbesserung der Gesamtfunktion des optischen Systems erzielt, indem durch Beseitigung der andernfalls zwischen den einzelnen Optik-Oberflächen auftretenden Zickzackreflexionen der Bildkontrast merklich erhöht und die Intensität des durch das System hindurchtretenden Lichtes gesteigert wird, um nur die wesentlichen Vorteile der Reflexminderung zu nennen.

An die Entspiegelungsschichten werden eine Reihe von Qualitätsforderungen gestellt, deren befriedigende Erfüllung für den heutigen hochentwickelten Stand des T-Belag-Verfahrens charakteristisch sind. Einmal müssen die optischen Schichteigenschaften so abgestimmt sein, daß die theoretischen Interferenzbedingungen für Reflexionsauslöschung möglichst gut angenähert werden, doch interessiert diese Aufgabe im folgenden weniger. Zum anderen sollen die Schichten widerstandsfähig sein gegen mechanische Beanspruchung und gegen chemische Angriffe, wie sie bei normaler Verwendung auftreten können.

Auf die ständige Güstesteigerung der optischen Beschichtung wird im VEB Carl Zeiss JENA seit der ersten produktionsmäßigen Anwendung des T-Belages allergrößter Wert gelegt, mit dem Ergebnis, daß die Beläge heute eine hohe Widerstandsfähigkeit aufweisen. Ihre „Härte“ und „Abriebfestigkeit“ ermöglichen, im Gegensatz zur Anfangszeit der Anwendung des Entspiegelungsverfahrens, ein sachgemäßes Reinigen der beschichteten Flächen, ohne daß eine Abbläsung oder stärkere Beschädigung befürchtet werden muß. Treten trotzdem (z. B. an den Vorderflächen von Photoobjektiven) im Laufe der Zeit, also nach häufigem Reinigen, kleine Kratzer auf, so liegt dies meist daran, daß beim Säubern unmerklich feine Körner von hohem Härtegrad (Sand, Metallspäne usw.) über die Fläche hinweggezogen wurden. Dieser Vorgang führt aber auch bei unbeschichteten polierten Glasoberflächen erfahrungsgemäß zu ähnlichen feinen Beschädigungen, die in diesem Fall allerdings mit dem unbewaffneten und ungeschulten Auge kaum wahrgenommen werden. Man bedenke in diesem Zusammenhang, daß Sandkörner vorwiegend kleine Quarz-Kristalle sind, die eine hohe „Ritzhärte“ besitzen. Wenn sich nun auch nachweisen läßt, daß solche feinsten Kratzer im T-Belag oder auf der Optik noch keine Nachteile für die Leistung des optischen Systems zur Folge haben, so bedeuten sie aber doch unerfreuliche Schönheitsfehler, nicht benutzbar sind, wenn man sorgfältig auf größte Sauberkeit (Staubfreiheit) des Putzlappens achtet und gegebenenfalls vor dem Wischen die Optikoberfläche abpinselt, abpusht oder zur Entfernung von „Ritzlöchern“ zunächst erst einmal ganz leicht (ohne Druck) überwuchtet. Hat man sich klar gemacht, auf welche Weise Beschädigungen auf Optikoberflächen entstehen können, so wird man zweifellos diesem Hinweis entsprechend verfahren, und alle weiteren,

in der Literatur häufig überspitzt dargestellten Vorsichtsmaßnahmen beim Reinigungsprozeß werden überflüssig. Für die Güte des modernen Zeiss-T-Belages ist es daher auch bezeichnend, daß seit Jahren keinerlei Klagen über „mechanische Beschädigungen“ der Schichten geführt werden, im Gegenteil: Fast jeder interessierte Benutzer eines optischen Gerätes ist überrascht, wenn ihm die hohe Abriebfestigkeit des T-Belages an unseren Meß- und Prüfgeräten, mit denen bei uns laufend Testungen vorgenommen werden, gezeigt wird.

Neben den — bei sachgemäßer Behandlung praktisch ausgeschlossen — echten mechanischen Beschädigungen des T-Belages treten jedoch auch eine Reihe von scheinbaren Schäden auf (in unserem Sprachgebrauch „Geister“ genannt), über die eine kurze Aufklärung von Wert ist. Berührt man reflexmindernde Schichten mit feuchten Fingern oder „reingt“ mit nicht fettfreien Tüchern, so wird man feststellen, daß größere Bereiche der belagten Optikfläche des Eindruckes erwecken, als sei dort der Belag mehr oder minder vollständig „weggeblöst“. Bild 2a zeigt z. B. den Abdruck eines Schweißfingers auf einer zur Hälfte mit T-Belag versehenen Plattenfläche. (Die hellere Hälfte ist der unbelagte Bereich, da mit aufgestrahltem Licht fotografiert wurde; der Helligkeitsunterschied der beiden Bereiche demonstriert gleichzeitig die vorzügliche Entspiegelungswirkung des T-Belages.) Derartige „beschädigte“ Schichten sind uns schon häufig mit der Frage vorgelegt worden, was nun zu tun sei. Die Antwort hierauf erteilt Bild 2b, welches das gleiche Glas zeigt, nachdem der Fingerabdruck durch Wischen mit einem sauberen Lappen etwa zur Hälfte wieder entfernt wurde: Es hat sich also lediglich um eine additive Verunreinigung der Optikoberfläche gehandelt, die ohne Schwierigkeiten zu beseitigen ist.

Wie ist nun aber diese Erscheinung der scheinbaren Schichtabblösung zu erklären? Die Reflexminderung des T-Belages ist wirksam für die Grenzfläche zwischen den beiden optischen Medien Glas und Luft, und der T-Belag ist nach Dicke und Brechzahl auf diese beiden an nander grenzenden Medien abgestimmt. Die auf den Belag aufgetragenen und mit ihm in „optischem Kontakt“ stehenden Verunreinigungen (Schweiß, Fett usw.) bewirken daher eine „optische Störung“, da der T-Belag nunmehr nicht zwischen Glas und Luft, sondern zwischen Glas und einem Medium gebettet ist, das sich optisch von

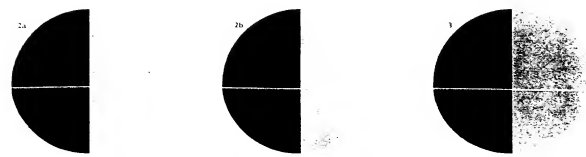


Bild 2: a) Fingerabdruck auf T-Belag. b) Der gleiche Fingerabdruck vom Teil durch Wischen entfernt. Bild 3: Testverschmutzung auf einer zum Teil mit T-Belag versehenen Glasplatte. Die dunkle Fläche halbiert ist der entspiegelte Bereich.

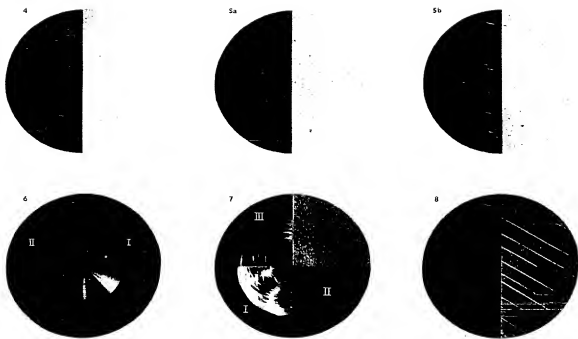


Bild 4: Durch Berührung mit Augeneinwirkung aufgetragene Verunreinigung auf T-Belag. Bild 5: a) Oberfläche auf Glasoberfläche, die zur Hälfte mit T-Belag versehen ist. b) Oberfläche zum Teil durch Wischen entfernt. Bild 6: Beanspruchung eines Oberflächenspiegels durch verunreinigen und belasteten Wischstempel. Flächenhälfte I: Aluminiumbelag ohne Schutzschicht, Flächenhälfte II: Aluminium - sehr widerstandsfähige Schutzschicht. Bild 7: Beanspruchung eines Oberflächenspiegels durch verunreinigen und belasteten Wischstempel. Sektor I: Aluminiumbelag ohne Schutzschicht, Sektor II: Aluminium - sehr widerstandsfähige Schutzschicht, Sektor III: Aluminium - weniger widerstandsfähige Schutzschicht (vgl. Text), vierter Sektor abgedeckt. Bild 8: Kratzer auf polierter Glasoberfläche, die zur Hälfte (rechter Bereich) mit einem beschleunigenden Belag versehen ist. Bild 9: Zur Hälfte verspiegelte Glasplatte mit Fingerabdruck.

der Luft merklich unterscheidet. Damit wird aber die optische Wirkung des T-Belages mehr oder minder vollständig aufgehoben, und es entsteht der Eindruck, als sei das Glas an diesen Stellen unbelagt, als habe sich der T-Belag „gelöst“. „Geister“ beim T-Belag lassen sich in manniglicher Weise demonstrieren. Auf Bild 3 ist wieder eine zur Hälfte entspiegelte Glasplatte zu sehen; über die Grenze zwischen beiden Zonen breitet sich eine verschmierte Fettschicht (Vaseline) aus. Während auf der belagten Hälfte der störende Effekt deutlich wahrzunehmen ist (der verschmierte Bereich wirkt wie „unbelagt“), bemerkt man auf der anderen Flächenhälfte eine nur relativ geringfügige Wirkung. Bild 4 zeigt eine von Augeneinwirkung aufgetragene straffe (fettartige) „Fremdschicht“, wie sie an den Okularlinsen von Instrumenten für Augenbeobachtung leicht auftreten kann. Die Glasoberfläche Bild 5a weist keine Spritzer auf, die auf Bild 5b durch einfaches Wischen in einem begrenzten Bereich entfernt wurden. Zusammenfassend und ergänzend läßt sich folgendes sagen: Ausgedehnte (verunreinigende) Fremdschichten auf dem T-Belag können eine Störung der erwünschten Entspiegelung bewirken. Dieser Effekt ist physikalisch begründet und bei allen Entspiegelungsverfahren grundsätzlich unvermeidbar. Die Optikoberfläche verhält sich dann annähernd so, als sei

die Verunreinigung unmittelbar auf die Glasfläche aufgebracht. Nach Entfernen der Fremdschicht wird die gleichmäßige reflexmindernde Wirkung wieder erreicht. Handelt es sich bei den Verunreinigungen um dickere Fettschichten, um festhaftende Teilchen, z. B. eingedickte, mit dem Staub der Atmosphäre versetzte Fettpartikel oder ähnliches, so wird man durch einfaches trockenes Wischen hin und wieder nicht zum Ziel kommen oder möglicherweise die Verunreinigung lediglich von einer Stelle auf die andere übertragen. Es besteht dann der Wunsch, beim Reinigen etwa ein fettlösendes Mittel anzuwenden. Das führt uns zur Frage der „chemischen Beständigkeit“ des T-Belages. Zunächst ist festzustellen, daß leichtflüchtige fettlösende Mittel wie Alkohol, Äther und reines Benzin für diese Zwecke bedenkenlos angewendet werden können. (Daß diese Mittel selbst nicht fettlöslich sein dürfen, weil man andernfalls die Fläche „verschmiert“, versteht sich von selbst.) Auch reines Wasser zum Abwischen verkrusteter Schmutzschichten oder vorsichtigen Anhauchens tut gute Dienste. Andererseits muß die Oberfläche vor der Einwirkung von chemisch aggressiven Flüssigkeiten wie konzentrierten Säuren und Laugen geschützt werden. Dabei ist meist nicht einmal so sehr die Angreifbarkeit des T-Belages selbst maßgebend wie die des darunter liegenden Glases. Bekanntlich werden

die optischen Glassorten nach Säure- und hydrolytischen Klassen eingeteilt, woraus man entnehmen kann, daß die Glassubstanz selbst mehr oder minder empfindlich gegen derartige Einwirkungen ist. Da der T-Belag aber eine nur außerordentlich geringe Dicke besitzt (sie beträgt ziemlich genau ein Zehntausendstel eines Millimeters), können aggressive Flüssigkeiten durch vorhandene winzige Poren der Entspiegelungsschichten zur Glasoberfläche diffundieren und im Laufe der Zeit Zerstörungen verursachen. In derartigen angegriffenen Bereichen des Glases treten dann häufig farbige Flecke auf, weil die in dünnen Oberflächenschichten veränderte Glasstruktur zusammen mit dem T-Belag intensive optische Interferenzerscheinungen hervorruft. Um dies zu vermeiden, sollte die Optik gründlich gereinigt werden, wenn Säurespritzer oder dgl. unvermeidbar waren. Zusammenfassend und ergänzend zur „chemischen Beständigkeit“ des T-Belages kann gesagt werden, daß die kurzzeitige Anwendung chemisch „neutraler“ Reinigungsmittel keine Nachteile bewirken, während chemisch aggressive Substanzen (aber auch die tagelange Einwirkung von Wasser auf Grund einer stellenweisen „Auslaugung“ bei empfindlichen Gläsern) zur Fleckenbildung führen können. Wir wenden uns jetzt einem zweiten wichtigen optischen „Vergütungssystem“ zu: Es handelt sich um

Oberflächen Spiegel

Hochwertige Abbildungs Spiegel müssen im Gegensatz zu den aus dem täglichen Leben bekannten einfachen Gebrauchsspiegeln als Oberflächen Spiegel ausgebildet werden. Zur Oberflächenverspiegelung werden lichtundurchlässige Metallschichten im Hochvakuum auf die Vorderfläche des Glaskörpers aufgedampft.

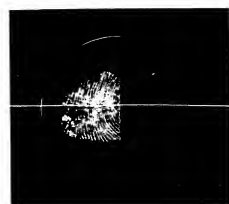
Derartige Spiegel gäben vor noch nicht allzu langer Zeit als außerordentlich empfindliche optische Konstruktionselemente, die aus diesem Grunde nur mit Zurückhaltung benutzt wurden. Das Reinigen eines Oberflächen Spiegels ohne stärkere Beschädigung war früher, auch unter Beachtung größter Vorsicht, so gut wie unmöglich; bereits die Staubbefreiung durch Abwischen konnte zu sichtbaren Verletzungen des Belages führen. Heute liegen diese Dinge unvergleichlich viel günstiger: Als metallischer Spiegelbelag wird Aluminium wegen seiner guten optischen Eigenschaften und seiner relativ hohen Haftfestigkeit bevorzugt. Die Grundfestigkeit zwischen Metallbelag und Glasträger wird durch langjährig erprobte technologische Maßnahmen noch weiter erhöht und das an sich weiche Aluminium durch geeignete durchsichtige, sehr dünne, aber harte und optisch wirksame „Schutzschichten“ gegen mechanische Beschädigungen geschützt. Gerade in den letzten Jahren sind bei uns auf diesem Gebiet entscheidende Fortschritte erzielt worden, die im folgenden anschaulich demonstriert werden sollen.

Im Bild 6 ist ein Aluminium-Oberflächen Spiegel wieder gegeben, welcher auf der einen Hälfte den ungeschützten Metallbelag trägt, während die andere Hälfte mit einer bei uns neuerdings angewandten besonders widerstandsfähigen Schutzschicht versehen ist. Beide Bereiche wurden gleichzeitig durch den über die Schichtgrenze hinweggleitenden (rotierenden) und belasteten Wischstempel eines Prüfgerätes auf ihre mechanische Widerstandsfähigkeit hin geprüft. Während auf der ungeschützten Seite stärkste Wischspuren zu sehen sind, ist die andere Seite frei von jeder Ver-

letzung geblieben. Der Spiegel Bild 7 zeigt das Ergebnis bei Anwendung der gleichen „Wischbeanspruchung“ zwecks Vergleich des ungeschützten Aluminiums (Sektor I) mit der neuen Schutzschicht (Sektor II) und einer früher fast ausschließlich angewandten, etwas weniger widerstandsfähigen Schutzschicht (Sektor III). Der erreichte hohe Stand des Oberflächen Schutzes durch die zusätzlich aufgetragenen Schichten läßt sich aus dieser Darstellung gut übersehen. Für die Reinigung eines mit Schutzschicht versehenen Oberflächen Spiegels gelten singemäßige Aussagen wie für den T-Belag. Eines ist allerdings noch kritischer: Man muß wissen, daß jede Verletzung, jeder Kratzer und jede Verunreinigung auf einer hoch reflektierenden Fläche außerordentlich viel stärker in Erscheinung tritt als auf einer nicht verspiegelten Glasoberfläche. Diese Aussage wird durch Bild 8 bestätigt: Auf einem frisch polierten unbelagten Glas wurden feine gleichmäßige Kratzspuren angebracht, anschließend wurde zur Hälfte ein Verspiegelungsbelag aufgedampft, so daß die Kratzer zum Teil von der Metallschicht „überdeckt“ sind. Während die Verletzungen auf dem unbelagten Bereich so gut wie nicht wahrzunehmen sind, treten sie in dem verspiegelten Bereich sehr deutlich hervor. Die Reflexionsschicht paßt sich nämlich auf Grund ihrer außerordentlich geringen Dicke (sie beträgt etwa ein zehntausendstel Millimeter) allen Unebenheiten der Unterlage ideal an, so daß an solchen Unstetigkeitsstellen der Glasoberfläche die gerichtete Reflexion gestört wird und sich Kratzer und andere Verletzungen im Glas oder im Spiegelbelag optisch scharf von der Umgebung abheben. Entsprechendes demonstriert Bild 9 an einem Schweißflügel-Abdruck. Diese Tatsache zwingt zu der Forderung, beim Reinigen eines Oberflächen Spiegels noch penibler auf Sauberkeit des Putztuches oder dgl. zu achten als dies beim T-Belag notwendig ist.

Zusammenfassung

Es wurde über die sachgemäße Behandlung optischer Vergütungsschichten im praktischen Gebrauch berichtet, wobei Entspiegelungs- und Verspiegelungsbeläge als die häufigsten optischen Schichtelemente besondere Beachtung fanden. An mehreren Beispielen wurde eine Reihe echter wie scheinbarer Fehlerursachen gezeigt. Beim heutigen hohen Stand der op-



tischen Vergütungstechnik werden keine praktisch unerfüllbaren Vorsichtsmaßnahmen für die Behandlung vergüteter Optik gefordert; es muß jedoch Verständnis für die Funktion optischer Schichten aufgebracht werden, um Beschädigungen zu vermeiden bzw. Schäden zu beseitigen.

Literatur über dünne optische Schichten

- a) Größere zusammenfassende Arbeiten:
H. MAVER, Physik dünner Schichten, Bd. I, Wiss. Verlagsgesellschaft, Stuttgart (1950).
G. W. ROSEBERG, Die Vielfachstrahleninterferometrie und die Interferenz-Lichtfilter, Fortschritte der phys. Wiss. (Sowjet.) 47 (1952), 2, 173.
S. MEYERHOF, Dünne Schichten, VEB Wih. Knapp Verlag, Halle (1953).
O. S. HEAVENS, Optical properties of thin solid films, Butterworths Scient. Publ., London (1955).
A. VASICEK, Optika tenkých vrstev, Nakl. Cesk. Ak. VED, Praha (1956).
H. POHLACK, Dünne optische Schichten Über die Aufgaben der optischen Glasvergütung, Feingerätetechnik 6 (1957).
b) Neuere Einzeldarstellungen aus dem Bereich des VEB Carl Zeiss JENA
K. SCHUSTER, Anwendung der Vierpoltheorie auf die Probleme der optischen Reflexionsminderung, Reflexionsverstärkung und der Interferenzfilter, Ann. Phys. (6) 4 (1949), 352.
S. BUCH, Oberflächenvergütung von photographischen Linsen, Z. Wiss. Photogr. 44 (1949), 124.
H. POHLACK, Analytische und graphische Methoden zur Lösung optischer Interferenzprobleme bei dünnen Schichten, Ann. Phys. (6) 5 (1950), 311 und Jenaer Zeitschrift 1950, 125.
S. BUCH, Über die Farbe reflexionsmindernder Schichten, Z. Wiss. Photogr. 45 (1950), 212.
S. BUCH, Optische Messungen an aufgedampften reflexionsmindernden Einfachschichten, Jenaer Jahrbuch 1951, 137.
H. POHLACK, Zur Umkehrbarkeit der Lichtwege in geschichteten Medien, Ann. Phys. (6) 11 (1952), 145.
H. POHLACK, Zum Problem der Reflexionsminderung optischer Gläser bei nicht senkrechtem Lichteinfall, Jenaer Jahrbuch 1952, 103.
H. POHLACK, Die Synthese optischer Interferenzschichtsysteme mit vorgegebenen Spektraleigenschaften, Jenaer Jahrbuch 1952, 181.
H. POHLACK, Beitrag zur Theorie optischer Interferenzschichtsysteme mit vorgegebenen Spektraleigenschaften, Ann. Phys. (6) 11 (1953), 383.
H. POHLACK, Beitrag zur Optik dünner Metallschichten, Jenaer Jahrbuch 1953, 241.
H. POHLACK, Die Darstellung wellenoptischer Vorgänge in Interferenzschichtsystemen mit Hilfe linearer Wechselstromschaltungen zu Meß- und Demonstrationszwecken, Feingerätetechnik 2 (1953), 499.
H. POHLACK, Über homogene Zweifachschichten zur Reflexionsminderung und ihre Anwendbarkeit in der Praxis, Jenaer Jahrbuch 1951, 144.
S. BUCH, Verminderung von Lichtverlusten und Kontraststörungen bei optischen Geräten, Feingerätetechnik 3 (1954), 251.
H. POHLACK, Über die Lichtabsorption in durchdringenden Metallschichten, Jenaer Jahrbuch 1954 I, 76.
H. POHLACK, Über die Lichtleitung durch dünne Metallschichten, Jenaer Jahrbuch 1954 II, 430.
H. POHLACK, Reflexionsverminderung (Entspiegelung), Beitrag im „Handbuch f. d. Werkstoffe“,
H. POHLACK, Beitrag zur Theorie optischer Interferenzschichtsysteme mit vorgegebenen Spektraleigenschaften, Abdruck in: Optics of Thin Layers, Tokyo 1955.
H. POHLACK, Zur Theorie der absorptionsfreien achromatischen Lichtleitungsspiegel, Jenaer Jahrbuch 1956 im Erscheinen.
H. POHLACK, Über die reflexionsvermindernde Wirkung dünner Metallschichten auf Glas, Jenaer Jahrbuch 1956 im Erscheinen.
H. POHLACK, Synthesa soustav tenkých vrstev s danou spektrální propustností (Über Methoden zur Synthese dielektrischer Interferenzschichtsysteme mit vorgegebener spektraler Durchlässigkeit), in: Vasek, Optika Tenkých Vrstev, Praha 1956, 274-282.
H. POHLACK und H. KORTI, Zur Anwendung trichromatischer Interferenzfilterssysteme beim Farberkennen, Jenaer Jahrbuch 1957 im Erscheinen.
H. POHLACK und S. STOECKERT, Untersuchungen an optischen Glasoberflächen vor der Hochvakuumbedampfung, Jenaer Jahrbuch 1957 im Erscheinen.

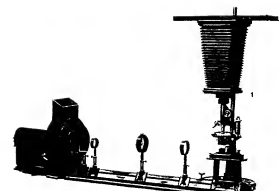
Die Schranken der eigenen Kraft wohl erkennen können, aus der Erkenntnis optischer Schranken aber nicht Entmutigung zu empfangen, sondern die Arbeit

zum festgesetzten Punkte auch der nächsten Regierung für auch ein Werk (1910), und, wie demnach zu zeigen

„In der Tat gibt es keine sicherere Probe auf die Richtigkeit und Vollständigkeit wissenschaftlicher Theorien als den Versuch, mit ihrer Hilfe komplizierte

Vorgänge und Effekte, auf welche vor Anwendung finden, in allen Einzelheiten vorausszusagen, jeder Mangel und jede Lücke kommt dabei in dem

Hilfswort des Versuchs sicher zum Vorschein.“ (Eigent. Abdr. Gedächtnisrede zur Feier des 50-jährigen Jubiläums d. Jenaer Zeiss-Werkes)



Die Zeiss'schen Geräte für Fluoreszenzmikroskopie

Ludwig Otto

Die Lumineszenzverfahren wurden vor mehr als 40 Jahren in die Mikroskopie eingeführt und erfreuen sich seitdem einer immer steigenden Beachtung. Es gibt heute kaum eine mikroskopisch arbeitende Disziplin der biologisch-medizinischen Wissenschaften im weitesten Sinne, die nicht zu irgendwelchen speziellen Untersuchungen das Lumineszenz- oder Fluoreszenzmikroskop benutzt. Beide Bezeichnungen gelten für das gleiche Gerät, sie beziehen sich nur auf eine konventionell getroffene Unterscheidung in den Vorgängen der Energieumsetzung im Objekt.

Im allgemeinen sollte man von Fluoreszenzmikroskopie usw. sprechen, da sich die im Objekt beobachteten Lichterscheinungen weitgehend während der Einwirkung der Erregungsstrahlung abspielen, also Fluoreszenzerscheinungen sind. Die Phosphoreszenz, die erst nach Aufhören der Erregungsstrahlung sichtbar wird, also ein Nachleuchten darstellt, hat bisher wesentlich seltener das Interesse der Mikroskopiker gefunden. Dieser rein zeitmäßig bedingte Unterschied in der Strahlung des Objekts hat auf Form und Ausrüstung des Mikroskops keinen Einfluß, es soll daher im folgenden die Bezeichnung „Fluoreszenz“ benutzt werden, sofern nicht katastrophale Bezeichnungen verwendet werden müssen.

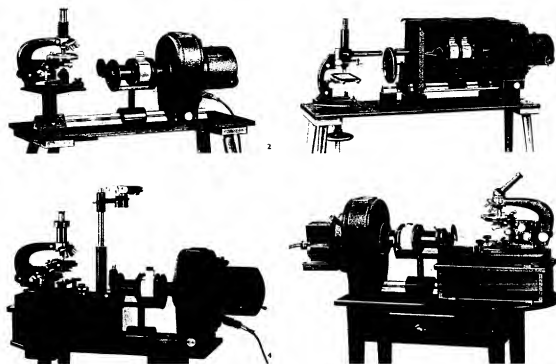
Jedes Fluoreszenzmikroskop besteht aus einer im kurzwelligen Spektralbereich bis etwa $\lambda = 435 \text{ m}\mu$ möglichst intensiven Lichtquelle, einer Filteranlage mit verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten und einem Mikroskop, dessen optische Ausrüstung fluoreszenzfrei und zum Teil wenigstens für die jeweils erforderliche Wellenlänge der Erregersstrahlen durchlässig sein muß. Denselben Bedingungen müssen Objektträger und Einbettungsmedien genügen, während Deckgläser und Immersionsöl nur fluoreszenzfrei zu sein brauchen. Die moderne Fluoreszenzmikroskopie benutzt zwei unterschiedliche Wellenlängenbereiche für die Erregungsstrahlung, die mit entsprechenden Filtern aus dem Quarzspektrum der Sonnenquelle herausgefiltert werden, das Ultraviolett und das Blau. Folgende Beobachtungsmethoden sind heute weit verbreitet:

1. Die Beobachtung der Primär- oder Eigenfluoreszenz, die im unbehandelten Objekt, zum Beispiel in einem unfixierten Gefrierschnitt, auftritt und u. a. zum Nachweis und zur Lokalisation bestimmter Stoffe benutzt wird.
2. Die Methode der Fluorochromierung, die eine singemäßige Übertragung histologischer Färbemethoden auf Fluorochrome,

d. h. Fluoreszenzfarbstoffe darstellt. Der den Fluoreszenzfarbstoffen eigentümliche Konzentrationseffekt, d. h. die Abhängigkeit der Wellenlänge des Fluoreszenzlichts von der Konzentration des Farbstoffs z. B. in verschiedenen Geweben, erzeugt von histologischen Schnitten Bilder von hervorragendem Farbkонтраст. Die Farbwirkungen, die viele Fluorochrome in verschiedenen Geweben zeigen, kann man zur Gewebedifferenzierung heranziehen.

3. Die Vitalfluorochromierung ist die schonendste Vitalfärbungsmethode, die wir bislang kennen. Von entscheidender Bedeutung sind hier die außerordentlich niedrigen Konzentrationen der Vitalfluorochrome, die zur Erzeugung kontrastreicher Bilder erforderlich sind.

4. Aus dem gleichen Grunde stellt die pH -Bestimmung nicht nur im toten, sondern auch im lebenden Gewebe mit Fluoreszenzindikatoren eine sehr brauchbare Untersuchungsmethode dar. Grundlage aller dieser Verfahren ist die geeignete Erregungsstrahlung, deren Isolierung im Laufe der Jahre immer exakter und bequemer und unter immer geringerem Aufwand gelang. Da Wellenlänge und Intensität des Fluoreszenzlichts Rückschlüsse auf physikalische und chemische Eigenschaften des bestrahlten Stoffes erlaubt, lag es nahe, diese Beobachtung zur Untersuchungsmethode zu erweitern. So entstand 1910 die Analysenquarzlampe, die heute nach beinahe 30 Jahren noch ein unentbehrliches Untersuchungsgerät darstellt. Unter Verwendung der 1903 von Wood gefundenen Filterlösungen für Ultraviolett entstand aus LEHMANN UV-Filterlampe aus dem Jahre 1911 die erste Lumineszenzeinrichtung der Zeiss-Werke durch Prof. A. KÖHLER 1913 (Bild 1). Sie bestand aus einer Kohlenstofflampe mit zweigledrigem Kollektor, zwischen dessen Gliedern die Filterküvetten angebracht waren, und einem Träger für das Mikroskop. Die Filteranlage umfaßte eine Kuvette für Nitroosomethylanilinlösung, das sogenannte Woodsche Filter, und ein Zusatzfilter aus Blausäuregas (Blauultraviolett) der Jenaer Glaswerke SCHOTT & GEN. Die Kollektorslinsen waren aus Quarz, desgleichen das anstelle des Mikroskopspiegels verwendete Umlenkprisma. Das Mikroskop wurde mit einem Quarzkondensor ausgerüstet, der durch Auswechseln der Frontlinse die Aperturen 0,4; 0,8 und 1,3 ermöglichte. Dieser Kondensor wird heute fast nur noch in der Ultraviolett-mikroskopie eingesetzt. Es wurden



Quarzobjektträger benutzt, die aus Ersparnisgründen nur 20–30 mm messen. Um sie bequem handhaben zu können, wurden sie in einem Objektträger nach HEDENHAIN befestigt. Um zu verhindern, daß Erregerstrahlung in das Mikroskop eintreten und das Auge des Beobachters erreichen konnte, benutzte man Deckgläser aus der ultraviolett-undurchlässigen Glasorte „EUPHOS“. Dieses Glas hat eine Durchlässigkeitskurve, die in der Form der des bis heute als Okularsperrfilter verwendeten GG 9 ähnelt, nur war seine Durchlässigkeitskurve wesentlich höher.

Das oben beschriebene Gerät hat sich bis zum Jahre 1929 im wesentlichen unverändert erhalten (Bild 2). Lediglich die ersten Versuche zur Verwendung einer Quecksilberlampe als Erregerlichtquelle aus dem Jahre 1926 sollen erwähnt werden. Der Aufbau auf der optischen Bank ist grundsätzlich geblieben, lediglich das Lampenhaus wurde den veränderten Anforderungen, die der Quecksilberbrenner S 100 der Quarzlampegesellschaft Hanau stellte, anpaßt und eine Leuchtfeldblende auf Reiter eingeführt. Sonderformen, die von den im Bild 1 und 3 dargestellten Einrichtungen abgeleitet waren, sind das Lumineszenz-Analysengerät, bei dem das Erregerlicht nicht in ein Mikroskop, sondern direkt auf das Untersuchungsobjekt geleitet wurde, und das Gerät zur Palimpsestphotographie, das anstelle des Mikroskops eine Haltevorrichtung für das Objekt aufwies.

Im vorliegenden Zusammenhang ist das von Ph. ELLINGER und A. HIRT angeregte Intravital-Lumineszenzmikroskop aus dem

Jahre 1929 von größerem Interesse (Bild 3). Es war ein soziales Auflicht-Fluoreszenzgerät, das zur Beobachtung physiologischer Vorgänge am lebenden Versuchstier diente. Das Tier wurde narkotisiert, mit einer Fluorochromlösung injiziert, geöffnet und das interessierende Organ über einen Vertikalluminator mit dem Erregerlicht bestrahlt und die Wirkung mit besonderen Auflichtobjektiven für Wasserimmersion beobachtet. Diese Objektive hatte eine Beseitigungseinrichtung, mit der das beobachtete Organ vor dem Austrocknen bewahrt wurde. Eine wesentliche Neuerung war die Einführung verschiedener Okularsperrfilter anstelle des Euphoglases. Diese Filter wurden beim Intravitalmikroskop in einen Schieber oberhalb des Vertikalluminators eingelegt. Die Einrichtung von 1936 hat sich gegenüber der von 1929 nur in der äußeren Form verändert, neu ist die Benutzung von Okularsperrfiltern, die sich bis heute erhalten haben. 1937 entstand dann die Form der Großen Lumineszenzeinrichtung für Auf- und Durchlicht, die den Zeiss-Freunden bis heute geläufig ist (Bild 4).

Wesentliche Fortschritte sind in der Anordnung der Filter in Klappfassungen und in dem Beobachtungsspiegel für die Bogenlampe zu sehen. Der immer mehr an Bedeutung gewinnenden Fluoreszenzerregung mit blauem Licht wurde durch Beigabe von zwei verschieden dicken Filtern aus BG 3 Rechnung getragen.

Kurz danach wurde das Intravital-Mikroskop in modernisierter, grundsätzlich unveränderter Form neu heraus-

gebracht. Neu ist nur der große Objektisch mit Abfluß, der die Vergrößerung der Triebe nach außen erforderte, und eine einklappbare Mikroskopierleuchte für Helfeldbeobachtung. In völlig neuem Gewande tauchte 1939 der Quecksilberbrenner S 100 auf (Bild 5). Ihr Entstehen verdankt die abgebildete Mikroskopierleuchte der steigenden Bedeutung, die die Fluoreszenzerregung mit blauem Licht damals in der Tuberkulosediagnose gewann. Den gleichen Zwecken diente die in Bild 6 dargestellte Leuchte. Es ist eine normale 6-V-30-W-Lampe, aus deren Licht die für die Fluoreszenzbeobachtung der Tuberkuloseerregung benötigte blaue Strahlung durch ein Filter BG 12 ausgesondert wurde. Dieses Filter läßt kein Rot durch, das bei der Fluoreszenzmikroskopischen Beobachtung stört. Vor den stärkeren Lichtquellen verwendet man zur Absorption der roten und ultraroten Strahlung Kupferaufsätze, das BG 12 die hier auftretenden Wärmemengen nicht vermag. Als Okularsperrfilter für Blaulichterregung wurde zu der Einrichtung das GG 1 mitgegeben. 1950 wurde die Große Lumineszenzeinrichtung umkonstruiert (Bild 7). Am äußeren Eindruck änderte sich kaum etwas, dafür wurde aber auf Grund der Beobachtungen der letzten Jahrzehnte im optischen Aufbau Wesentliches verändert. Die gesamte Beleuchtungsoptik aus Quarz fiel weg, desgleichen der Quarzkondensor, das Umlenkprisma aus Quarz und die Quarzobjektträger. Die Kollektoren wurden durch Linsen aus einer Glasart ersetzt, die die für Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen wichtigen Wellenlängen ebensogut durchläßt wie Quarz. Da die üblichen Helfeldkondensoren diese Bedingung erfüllten, konnte auch der Quarzkondensor weggelassen werden. Damit erzielte man eine vor allem in den unmittelbaren Nachkriegsjahren wichtige Einsparung von Quarz. Als Neuerung wurde das Überlappendstecken der Okularsperrfilter eingeführt. Man verhinderte damit, daß die Eigenfluoreszenz des GG 1 die Beobachtung störte. Neuerdings werden die auftretenden Okularsperrfilter, für die das erwähnte Überlappendstecken notwendig ist, als feste Filterkombinationen geliefert. Dem Sperrfilter GG 1 und dem neuerdings ebenfalls für die Blaulicht-Fluoreszenzmikroskopie eingeführten GG 11 ist zur Beseitigung ihrer Eigenfluoreszenz jeweils ein für Ultraviolett undurchlässiges Filter vorgeschaltet.

Eine ebenfalls neuere Entwicklung stellt der mikrophotographische Wechselstubs für Fluoreszenzmikroskopie dar, in dessen Filterrevolver aus austauschbaren Filtern mehrere verschiedene Sperrfilter für Fluoreszenzmikroskopie mit Ultraviolett- und Blauerregung eingebaut sind.

Als Sperrfilter für Blaulicht-Fluoreszenzmikroskopie werden die oben erwähnten Filterkombinationen verwendet.

Bild 1: Lumineszenzeinrichtung aus dem Jahre 1913. Auf der optischen Bank erkennen wir von links: Die Bogenlampe, dicht davor den scheibenförmigen Blendschutz mit dem eingebauten Kollektorhinterglied, dann folgt das Blauvioletglas, die Filterkuvette, das Vorderglied des Kollektors und der Mikroskopträger. Zwischen den Hörnern des Hufeisenfüßes steht das kubische Gehäuse des Umlenkprismas.

Bild 2: Lumineszenzeinrichtung aus dem Jahre 1929. Die Anordnung der Teile ist die gleiche wie im Bild 1.

Bild 3: Intravital-Lumineszenzmikroskop nach Ph. ELLINGER und A. HIRT aus dem Jahre 1929. Wir sehen rechts die Bogenlampe mit Kollektorhinterglied, davor die Filterkuvetten, das Ganze in einer lichtdichten Abschirmung, durch deren Vorderwand ein Rohr mit dem Vorderende des Kollektors hindurchragt. Vor diesem steht ein doppelter Filterrevolver. Das Mikroskop ist mit einem Vertikalluminator und einem Schieber für die Okularsperrfilter ausgerüstet.

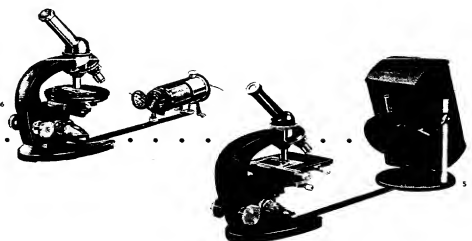
Bild 4: Große Lumineszenzeinrichtung für Durchlicht aus dem Jahre 1937.

Am grundsätzlichen Aufbau ist gegenüber früher nichts verändert. Neu ist die Form des Mikroskopunterbaues, die weklappbaren Filter und der Beobachtungsspiegel am Lampenhaus. Die Beleuchtungseinrichtung ist auf einem Bankreiter verschiebbar und die Standard-Grundplatte in das Gerät übernommen worden.

Bild 5: Lumineszenz-Mikroskopierlampe aus dem Jahre 1939. In der Höhe verstellbares und neigbares Lampenhaus für den Technischen UV-Strahler S 100, in dem z-förmigen Ansatz sind Küvette, Filterlager und Leuchtfeldblende untergebracht. Auf der Verbindungsschiene zum Mikroskop ist ein sonst üblicher rückseitig verschiebbarer Mikroskopspiegelstreifen.

Bild 6: Vereinfachte Lumineszenz-Lampe aus dem Jahre 1939. Mikroskopierleuchte VII (6 V, 30 W) mit Blaulicht BG 12 auf Verbindungsschiene dazu Okularsperrfilter GG 1 in Aufsteckfassung. Die Leuchte wurde kurze Zeit zur Tuberkulosediagnose verwendet.

Bild 7: Große Lumineszenzeinrichtung für Auf- und Durchlicht aus dem Jahre 1950. Gegenüber dem Gerät in Bild 7 sind äußerlich nur Modernisierungen in der Form zu verzeichnen, alle Quarzlinien sind durch Glaslinien ersetzt.



Ein Beitrag zur Geschichte der Brille

Albrecht Vogel

In der einst weitverbreiteten Predigtsammlung „Sarepta“ des joachimsthaler Pfarrers Johannes MATHEIUS, die 1562 zuerst in Nürnberg erschien und oft nachgedruckt wurde, finden sich die folgenden, auf das Tragen von Brillen bezüglichen Ausführungen. Der Autor fand in den Veröffentlichungen über die Geschichte der Brille, insbesondere in den zusammenfassenden Werken von Prof. Gieser und Prof. v. Reck, keinen Hinweis auf die angegebene Literaturquelle.

Und weil wir alten vnser augen in der taschen/vnd calender im haupt
te/vnd fülße in henden tragen/wieß spuchwoort lauzet / haben wir Gott
auch zu danken/für allerley barillen vnd augengleiser/die man zum lesen
brauchen oder auff die haiden legen/oder damit wir in die ferne sehen/vnd
die stichbullen sein/oder damit auch junge leut/die fieberpfie jres gelichtes
in seinem wesen erhalten.

Das sind lauter natürliche wunderwerck/vnd gute gaben vnd kün-
ste/so Gott dem menschen zu gut durch fleißige künstler erfinden leisset/
das man einem jeden nach gelegenheit seines alters oder jar ein Brill zu-
richten kan/die da gröbert vnd feinnert.

Es handelt sich hier um eine Predigt, die Matheius 1560 vor den Bergleuten der nord-
böhmischen Stadt Joachimsthal hielt und in welcher er ausführlich die Glasherstellung
und Glasschmelze beschreibt.

Die Korrektionsmöglichkeit einer Presbyopie bzw. einer Myopie durch Brillen muß
also bereits Mitte des 16. Jahrhunderts auch in den handarbeitenden Schichten der
Bevölkerung - vorliegende Predigt wurde vor Bergleuten gehalten - bekannt gewesen
sein. Hierfür kann vorausgesetzt werden, daß die bereits beim Jugendlichen auf-
tretende Myopie, durch eine anderswirkende Brille korrigiert wird, als sie der Alters-
sichtige benutzt. Auf die Abhängigkeit der Stärke einer Nahbrille vom Alter wird
besonders hingewiesen.

Das Brillenmacherhandwerk muß zu dieser Zeit ein hohes Ansehen unter den hand-
werklichen Berufen besessen haben. Matheius läßt die Brille „durch fleißige Künstler
erfinden“, wobei „Künstler“ etwa dem heutigen Techniker oder Ingenieur entspricht.
Er bezeichnet sie dabei als „unatürlich Wunderwerk und gute Gabe“, was darauf hin-
deutet, daß zwar die Brille und ihre Anwendung zum Ausgleich von Fehlsichtigkeiten
allgemein bekannt war, ihr Besitz jedoch noch einen Seltenheitswert dargestellt haben
muß.

Johannes MATHEIUS (1504 -1565) war Rektor und Prediger in Joachimsthal, Zeitgenosse
und Freund des Begründers der Montanwissenschaft Georg Agricola und Schüler und
Tischgenosse Martin Luthers während mehrfacher längerer Studienaufenthalte in Witten-
berg. Mit seinem Werk „Martin Luthers Leben“ wurde er dessen erster Biograph.
Sein Werk „Sarepta oder Bergpostille“ (1562) enthält 15 Predigten über Bergwerks-
fragen. Den Namen „Sarepta“ erhielt das Werk nach dem gleichnamigen Bergort der
Bibel.



Polarisiertes Licht in Natur und Technik

Paul Ganswein

Das menschliche Auge ist ohne besondere Hilfsmittel nicht in der Lage, polarisiertes Licht von gewöhnlichem, nicht-polarisiertem Licht zu unterscheiden. Doch gibt es Lebewesen, z. B. die Bienen, die für polarisiertes Licht empfindlich sind. Himmelslicht ist je nach dem Stand der Sonne mehr oder weniger polarisiert, und diese Naturerscheinung nutzen die Bienen aus, um sich bei ihren Flügen zu orientieren. Da das Auge des Menschen für polarisiertes Licht nicht empfindlich ist, kann es auch nicht verwundern, daß die Polarisation des Lichtes verhältnismäßig spät entdeckt wurde. Diese Entdeckung fällt in das Jahr 1808, und wir verdanken sie dem französischen Naturforscher MAUS. Es wird berichtet, daß MAUS in Paris in einem seiner Zimmer gegenüberliegenden Fenster die Sonne sich spiegeln sah. MAUS betrachtete das Spiegelbild der Sonne durch einen Kalkspatkristall hindurch. Dabei sah er anstelle von nur einem Spiegelbild deren zwei. Drehte MAUS während der Beobachtung der Spiegelbilder den Kristall in seiner Hand, so stellte er fest, daß sich die beiden Spiegelbilder in ihrer Helligkeit veränderten, das eine heller, das andere dunkler wurde und umgekehrt, wenn er den Kristall schief drehte. Dieser Erscheinung nachforschend, fand MAUS schließlich, daß das Licht polarisiert ist.

Was versteht man unter polarisiertem Licht?

Um dies verständlich zu machen, müssen wir das Wesen des Lichtes näher untersuchen. Es dürfte allgemein bekannt sein, daß sich das Licht wellenförmig fortpflanzt. Verschiedene Farben des Lichtes unterscheiden sich dadurch, daß die Wellenlängen verschieden groß sind. Blaues Licht ist kürzerwelliger als rotes Licht. Dies interessiert uns hier aber nicht. Uns interessiert vielmehr, wie ein Lichtstrahl sich verhält, wenn wir ihn in einem Schnitt senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung beobachten. Und da stellen wir während einer sehr kurzen Beobachtungszeit fest, daß von einem Zentrum aus unendlich viele Schwingungen nach allen Richtungen ausgehen. Solches Licht ist in Bild 1 dargestellt, und wir nennen es gewöhnliches oder unpolarisiertes Licht. Erfolgt dagegen — wie in Bild 2 — die Lichtschwingung nur in einer einzigen bestimmten Richtung, so sprechen wir von polarisiertem Licht. Polarisiert, d. h. von Pol zu Pol schwingend.

Wie kommt nun polarisiertes Licht zustande? Es gibt in der Natur Kristalle, die die Eigenschaft haben, aus der Vielzahl der Schwingungen des unpolarisierten Lichtes bestimmte Schwingungen auszuwählen und nur diese durchzulassen. Kristalle dieser Art sind z. B. der Quarz oder der bereits erwähnte Kalkspat; diese Eigenschaften der Kristalle hängt damit zusammen, daß ihre Bausteine, die Atome, eine geordnete Anordnung aufweisen, ein Kristallgitter bilden. Beim Durchgang des Lichtes durch ein solches Kristallgitter treten die Lichtschwingungen in Wechselwirkung mit den Atomen. Wir betrachten z. B. einen Kalkspatkristall. Dieser wird in der in Bild 3 gezeigten Weise von links her vom Licht durchgesetzt. Durch mehrere Doppelreflexe ist angedeutet, daß von links gewöhnliches, unpolarisiertes Licht auf den Kalkspatkristall trifft. Beim Durchgang des Lichtes durch den Kristall in bestimmter Richtung führt die Wechselwirkung zwischen dem Licht und den Kristallbausteinen zu einer

Aufspaltung des Lichtstrahles in der dargestellten Weise. Es treten rechts zwei Teilstrahlen aus dem Kristall aus, und in jedem Teilstrahl gibt es nur noch eine einzige bevorzugte Schwingungsrichtung. Das rechts aus dem Kristall austretende Licht ist also polarisiert.

In der Natur gibt es unter den doppelbrechenden Kristallen aber auch noch solche, die die Eigenschaft haben, die eine der beiden polarisierten Teilstrahlen zu absorbieren. Eine solche Kristallart ist der Turmalin. Vom gesamten, sichtbaren Spektralbereich, das ist von blau bis rot, nimmt der Turmalin allerdings nur den gelbroten Anteil des Spektrums weg. In der Durchsicht sieht der Turmalin folglich blau aus. Diese Eigenschaft bestimmter Kristalle, nur eine bestimmte Farbe des Spektrums und diese als polarisiertes Licht durchzulassen, nennt man Dichroismus. Mit dichroitischen Kristallen erhält man farbiges polarisiertes Licht, mit doppelbrechenden Kristallen dagegen weißes, in zwei zueinander senkrecht stehenden Richtungen polarisiertes Licht.

Durch einen doppelbrechenden Kalkspat hindurch beobachtet MAUS im Jahre 1808 das Spiegelbild der Sonne, und wir verstehen jetzt, warum er ein doppeltes Bild sah. Nicht verständlich ist uns vorerst noch, warum die Helligkeit der beiden Spiegelbilder sich änderte, wenn MAUS den Kristall während der Beobachtung um die Lichtfortpflanzungsrichtung als Achse drehte. Um dies zu verstehen, müssen wir wissen, daß die Natur noch in anderer Weise als durch bestimmte Kristalle polarisiertes Licht erzeugt. Zum Beispiel entsteht polarisiertes Licht bei der Reflexion (Spiegelung) von gewöhnlichem Licht an spiegelnden Oberflächen. Solche spiegelnden Oberflächen sind vor allem das Wasser, dann glänzende Blattflächen, Glasscheiben, polierte Lackflächen usw. Die Polarisation an einer spiegelnden Glasscheibe ist im Bild 4 veranschaulicht. Von links her fällt unpolarisiertes Licht, an mehreren Stellen durch 3 Doppelreflexe gekennzeichnet, auf die Glasscheibe. Nach der Reflexion ist das nach rechts abgestrahlte Licht polarisiert und zwar so, daß die Schwingungsrichtung des polarisierten Lichtes parallel zur spiegelnden Oberfläche des Glases verläuft. Der Wirkungswinkel der Polarisation ist hierbei abhängig vom Einfallswinkel des Lichtes, der zwischen der Lichtrichtung und dem Lot auf die Glasfläche gemessen wird. Bei der Reflexion am Glas erhält man vollkommen polarisiertes Licht, wenn der Einfallswinkel 57° beträgt.

MAUS Entdeckung wird uns jetzt verständlicher. Die im gegenüberliegenden Fenster gespiegelten Strahlen der Sonne bestanden bereits aus polarisiertem Licht. Um den Vorgang richtig zu verstehen, kehren wir nochmals zum doppelbrechenden Kalkspat zurück, im vorigen Abschnitt auf den Kristall bereits polarisiertes Licht, angedeutet durch die Doppelreflexe. Dieses (totrecht) polarisierte Licht kann ohne weiteres den Kristall passieren. Ein horizontal polarisiertes Lichtstrahl kann dagegen nicht aus dem Kristall austreten, weil er im links ankommenden Licht gar nicht enthalten ist. Jetzt dürfte die Entdeckung des polarisierten Lichtes völlig klar werden. Bei der Beobachtung des Spiegelbildes der Sonne durch den Kalkspat sah MAUS zunächst zwei etwas

gegeneinander versetzte Spiegelbilder auf Grund der Doppelbrechung des Lichtes durch den Kalkspat. Beim Drehen des Kristalles wurden die Spiegelbilder abwechselnd heller und dunkler, weil das im Fenster gespiegelte Licht bereits teilweise polarisiert war. Ein völliges Verschwinden eines der beiden Spiegelbilder wäre dann zu beobachten gewesen, wenn sich der Sonnenstrahl zufällig unter dem Polarisationswinkel von 57° am Fenster gespiegelt hätte.

Somit kennen wir bereits zwei verschiedenartige Möglichkeiten, wie in der Natur polarisiertes Licht entstehen kann: erstens beim Lichtdurchgang durch bestimmte, doppelbrechende oder dichroitische Kristalle, zweitens durch Reflexion an vielen spiegelnden Oberflächen. Eine dritte Möglichkeit ist die durch Beugung des Lichtes. Was darunter zu verstehen ist, ist in Bild 5 erläutert. Ein Glasroter sei mit einer getrübbten Flüssigkeit, z. B. mit stark verdünnter Milch, angefüllt. Von links her fällt weißes, unpolarisiertes Licht in den Glasroter. Sieht man von einer teilweisen Absorption des Lichtes beim Durchgang durch die Flüssigkeit ab, dann tritt rechts aus dem Glasroter das meiste Licht wieder aus, und dieses Licht ist ebenfalls weiß und unpolarisiert. Ein geringer Teil des Lichtes aber wird durch Wechselwirkung mit den Molekülen der milchig trüben Flüssigkeit im Glasroter abgelenkt und verläßt diesen nach der Seite. Im gezeichneten Beispiel nach vorn. Dieses nach vorn abgelenkte Streulicht zeigt eine bläuliche Färbung, weil der blaue Anteil des weißen Lichtes stärker abgelenkt wird als der rote Anteil. Das bläuliche Streulicht ist aber auch stark polarisiert. Der Polarisierungsgrad des abgelenkten Lichtes ist vom Beugungswinkel abhängig und am größten, wenn das Licht senkrecht zu seiner Einfallrichtung abgelenkt wird. Der gleiche Vorgang der Polarisation des Lichtes durch Beugung spielt sich am wolkenlosen Himmel ab. Die trübe Flüssigkeit ist hier durch die Atmosphäre ersetzt, und das blaue Himmelslicht ist abgelenktes Sonnenlicht. Der Polarisationsgrad, d. h. die Lichtstärke des polarisierten Himmelslichtes hängt ganz vom Beugungswinkel ab, bzw. vom Stand des Beobachters in Bezug auf den Sonnenstand. Senkrecht zur Richtung der Sonnenstrahlen ist die Polarisationswirkung des blauen Himmelslichtes am größten.

Da unsere Augen, wie eingangs schon betont wurde, keine Empfangsorgane für polarisiertes Licht besitzen, merken wir ohne besondere Hilfsmittel nichts von der Polarisation des Himmelslichtes. Aber die Bienen haben Empfangsorgane für polarisiertes Licht und auch viele Vögel und andere Tiere. Am Wasser lebende Tiere können sich an dem auf der Wasser-oberfläche polarisierten Reflexlicht orientieren. Mit diesen Hagen beschäftigen sich die Forscher in zunehmendem Maße. Man nimmt heute schon als sicher an, daß viele Zugvögel ihren Weg nach dem Süden und von dort zurück mit Hilfe des polarisierten Lichtes finden. Das polarisierte Himmelslicht gibt ihnen die Möglichkeit zur Orientierung. Natürlich wissen diese Tiere nichts von dem Vorteil, den sie bezüglich der Erkennbarkeit des polarisierten Lichtes uns Menschen voraus haben. Doch der menschliche Geist hat auch dieses Geheimnis der Natur abgelauscht und für seine Dienste

Bild 1: Schwingungsrichtungen

gewöhnliches, unpolarisiertes Licht

Bild 2: Schwingungsrichtung

polarisiertes Licht

Bild 3: Polarisation durch doppelbrechende Kristalle

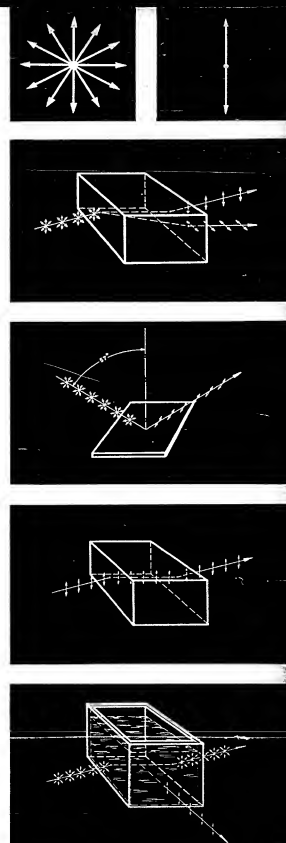
Bild 4: Polarisation durch Reflexion

Bild 5: Durchgang polarisierten Lichtes durch einen Kalkspat

Bild 6: Polarisation durch Beugung

Bild 7: Künstlicher Polarizador

Bild 8: Wirkungsweise zweier gekreuzter Voratzsche



auftreten können. Es muß lediglich darauf geachtet werden, daß die Lichtleitung entsprechend abgedichtet ist. Das Maximum der Projektionsleistung liegt zwischen 5 und 8 m. Projiziert werden kann mit jedem Tischmikroskop, dessen Eigenvergrößerung zwischen 2- und 40fach liegt. Als Objektiv wird zweckmäßigerweise ein solches von Starker Eigenvergrößerung benutzt, so daß der Maximalvergrößerungsmaßstab am Mikroskop 200:1 beträgt. Bei kürzeren Entfernungen kann ohne Bedenken auch mit einem 7-fach Objektiv gearbeitet werden. Die Vergrößerung auf dem Projektionsbild richtet sich nach dem jeweiligen Abstand und erreicht sich aus dem Produkt der Eigenvergrößerung des Mikroskops und der Projektionsvergrößerung, in dem, geteilt durch 25. Der Durchmesser des projizierten Bildes auf der Projektionswand beträgt beispielsweise bei 5 m Entfernung unter Verwendung des normalen Hagen-Objektivs 2,10 m, mit flachem Hagen-Objektiv 1,20 m. Bei einem Projektionsabstand von nur 3 m verkleinern sich diese Bilder auf 1,35 m bzw. 1,65 m. Auch diese Durchmesser sind selbst für einen größeren Hohlraum noch völlig ausreichend und ergeben lichtstarke Bilder. Es ist unbedingt zu empfehlen, am Mikroskop einen Kondensor zu verwenden, dessen Frontlinse abschraubbar ist, um auch bei schwachen Objektiven volle Aufleuchtung zu erreichen. Bei Objektiven von 20-facher Eigenvergrößerung aufwärts wird die Frontlinse des Kondensors wieder aufgeschraubt, um dessen höheren Apertur des Objektives auszunutzen. Besonders geeignet für die Mikroprojektion ist ein Zeiss-Mikroskop der Lp-Serie. Der VEB Carl Zeiss Jena liefert zu jedem Mikroprojektorgerät einen geraden monokularen Tubus, der mit Hilfe seiner Ringschwalbe denkbar einfach gegen den schrägen Tubus des Lp-Strahlers ausgetauscht werden kann. Mitgeteilt wird ferner ein Projektionsobjektiv in Fassung, welches auf den Okular-Tubus des Mikroskops aufgesetzt wird. Das Prisma ist verklebbar angeordnet und gestattet unter Zuhilfenahme eines Blendschutzglasses die subjektive Einstellung des Mikroskops bzw. in Sonderfällen die Projektion an die Zimmerdecke. Der Plan- und Hohlspiegel des Mikroskops wird bei der Projektion auf seiner Halterung entfernt.

Zeiss-Schreibprojektor 81.5232A — ein Gerät für den modernen Raum

Rudolf Wendel

Das Bestreben jedes Vortragenden, seinen Unterricht interessant und lehrreich zugleich zu gestalten, wurde und wird durch die feinschichtoptische Industrie seit Jahrzehnten nach besten Kräften unterstützt. Diese für beide Teile fruchtbare Zusammenarbeit führte u. a. zur Entwicklung einer Reihe moderner Vorlesungsgeräte, eines der markantesten ist der Schreibprojektor aus Jena. Auf der Erkenntnis aufbauend, daß das gesprochene Wort — durch schriftliche oder bildliche Darstellungen unterstützt — im Gedächtnis des Hörers nachhallt, hat, als wenn es allein durch das Ohr aufgenommen wird, bereits vor Jahrzehnten ein einfaches Schreibprojektorgerät entwickelt, das sich, vor allem im Hochschulleben, großer Beliebtheit erfreute. Im Rahmen der Nachkriegsentwicklung wurde auch dieses Gerät sehr bald wieder in der Fabrikation

programm aufgenommen, nachdem es — dem technischen Fortschritt entsprechend — verbessert worden war. Dazu steht dem Pädagogen ein modernes technisches Unterrichtsmittel zur Verfügung. Seine Bemühungen, den Unterricht modernen Erkenntnissen anzupassen und gleichzeitig für die Hörer interessanter und lehrreicher zu gestalten, unterstützt der Schreibprojektor dank seiner optimalen Projektionseigenschaften hervorragend.

Der Schreibprojektor ist als Tischgerät gebaut. Die polierende geneigte Fläche passatart brennendes Arbeiten, d. h. Schreiben oder Zeichnen. Der Vortragende blinzelt dabei nicht, seinen Hörern zugewandt, ohne seine Ausführungen unterbrechen zu müssen. Das Besondere einer Wandtafel und das damit verbundene Ablesen von der Hörschale ist, vom pädagogischen Standpunkt, nicht zu empfehlen. Außerdem bringt es auch andere Unannehmlichkeiten mit sich, z. B. Beschränken der Hände, das bei Verwendung von Kreide, Schwamm und Leppn praktisch unumvermeidbar ist. Dies führt u. U. dazu, daß sich der Vortragende auf das unangenehmste Notwendige seiner schriftlichen Erläuterungen an der Wandtafel beschränkt, vielleicht sogar darauf verzichtet. Es ist einleuchtend, daß sich dies nachteilig auf die Erläuterungen des Unterrichtsstoffes auswirkt.

Mit dem Schreibprojektor hingegen ist das Arbeiten einfach und sauber. Als Schriftträger wird ein Celluloseband von 20 m Länge verwendet. Dieses wird mit farbigen Glaschenstreifen beschriftet. Die nutzbare Schreibfläche hat einen Durchmesser von 190 mm. Sie ist groß genug, um in gewohnter Weise beschrieben zu werden bzw. Zeichnungen, Skizzen u. s. zu projizieren. Die günstigste Projektionsentfernung beträgt etwa 2,5 m und ergibt ein Schreibbild von etwa 2,2 m Durchmesser. Der Vergrößerungsfaktor ist in diesem Falle 11fach. Als Lichtquelle dient eine Lichtwurflampe 220 V/50 W, die die Schreibfläche durchleuchtet. Das Bild bildet wird über einen neigbaren G3-Fluß mit 1 an die Wand hinter m Vortrag m projiziert. Auf Wunsch kann das G 3 mit einem 100 W/50 W austauscht werden. Das Schreibbild ist so hell, daß sogar in unendlichten

Räumen gearbeitet werden kann. Das ist ein wesentlicher Vorteil, da sich alle Hörer unbehindert und fortlaufend ihre Notizen machen können. Das Gerät ist mit einem Projektionsobjektiv 1:4,5 f=210 mm ausgestattet. Zur Steigerung der Bildhelligkeit ist dieses mit einer veränderlichen Schicht versehen.

In folgenden noch einige Hinweise und Anregungen verschiedener Projektionsmöglichkeiten für die Praxis gegeben: Benutzen z. B. mehrere Diapositive ein Gerät, so besteht für sie die Möglichkeit, daß jeder „sein“ Celluloseband verwendet. Eine Zusatzvorrichtung gestattet die Beeinflussung der Erstrahlungsstärke vom Gerät, z. B. zur Vorbereitung eines Vortrags, während das Gerät anderweitig benutzt wird. Die Cellulosebänder können auf 1-cm-Wert und bei Wiederholung der Vorlesung erneut benutzt werden.

Mattierte Glasplatten können verwendet werden, wenn sie mit einem Gemisch von Alkohol und Glycerin durchdringt gemacht sind. Sie können mit Kopierfärbemittel und diese Beschriftung kann dann wiederum gelöscht werden. Ferner können Diapositive (Glasbilder) bei Verwendung entsprechender Rahmen in den Größen 8,5 x 8,5, 8,5 x 10 und 9 x 12 cm projiziert werden.

Ein Röntgenapparat mit einer Zeichenglasplatte gestattet die Projektion von Röntgennegativen im Format 18 x 24 cm oder Ausschnitten aus größeren Formaten. Ferner können z. B. Scherenschnitte, Schattenbilder von kleineren Flächen Gegenständen, auch physikalische Kleinversuche, z. B. Kraftlinienfelder eines Stabmagneten, projiziert werden.

Diese Beispiele zeigen die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten dieses Schreibprojektes in der Praxis. Dank der bequemen Antriebsweise und der einfachen Wartung hat sich das Gerät viele neue Freunde erworben, die es bei ihrer praktischen Arbeit nicht mehr missen möchten.

„Carl Zeiss Jena ist treu geblieben“ — dieses schreibt auf das hell erleuchtete Schreibbild unsere Schreibprojektor ein Vortragsredner und legt damit im Namen seiner Eltern ein Bekenntnis ab zu der weltbekannten Güte der Erzeugnisse aus den Jenaer Werkstätten.



(Fortsetzung von Seite 39)
worin C eine noch zu bestimmende Konstante darstellt. Zu ihrer Bestimmung integrieren wir $d\theta$ für θ von 0 bis $\frac{\pi}{2}$, also über die ganze Halbkugel; dabei muß sich die gesamte Strahlungsleistung, die aus der Öffnung f kommt, ergeben. Das ergibt

$$(20) \pi \cdot f \cdot \theta^2 = C \cdot f \cdot \pi \cdot \pi$$

$$\text{und daraus}$$

$$(21) C = \frac{D^2}{4 \cdot \pi \cdot f}$$

Für die von Sp I aufgefangene Strahlungsleistung ergibt sich, indem wir in gleicher Weise $d\theta$ für θ von 0 bis $\frac{\pi}{2}$ integrieren und dabei die soeben gewonnene

$$\text{Konstante einsetzen,}$$

$$(22) \Phi_{Sp} = \frac{\pi \cdot f \cdot \pi \cdot \pi \cdot D^2}{4 \cdot \pi \cdot \pi \cdot f}$$

unter der Voraussetzung, daß D genügend klein gegen π ist.

$$(23) \Phi_{Sp} = \frac{\pi \cdot f \cdot \pi \cdot \pi \cdot D^2}{4 \cdot \pi \cdot \pi \cdot f}$$

Aus diesem Strahlungsfluß, der bei guter Abbildung über das Bild der Fläche f gleichmäßig verteilt ist, wird nun durch den Spalt B mit der Fläche F_B ein Anteil F_B herausgeschitten, so daß die über den Spalt auf die Fläche f gelangende Energie

$$(24) \Phi' = \frac{\pi \cdot f \cdot \pi \cdot \pi \cdot D^2}{4 \cdot \pi \cdot \pi \cdot f} \cdot F_B$$

ist. Es ist nun aber noch zu beachten, daß die Strahlungsenergie auf dem Wege vom Strahler über die Spiegel bis zum Empfänger gewisse Verluste erfährt, und zwar sowohl durch die Absorption besonders durch CO_2 und Wasserdampf als auch durch Reflexionsverluste an dem Spiegel. Man kann den hieraus resultierenden Verlustfaktor schätzen, und zwar, wie wir es meistens tun, auf einen Verlustfaktor $\approx 0,7$, man kann ihn aber auch experimentell bestimmen, worüber demnächst noch nähere Angaben gemacht werden sollen. Von der Genauigkeit dieses Faktors hängt selbstverständlich die absolute Genauigkeit der ermittelten Empfindlichkeit ab, aber die relative Genauigkeit bei Vergleichsmessungen zwischen verschiedenen Strahlungsempfängern leidet dadurch nicht, wenn solche Vergleichsmessungen unter ausreichend gleichen Bedingungen stattfinden. Eine genauere experimentelle Bestimmung der Verluste ist also nur von Bedeutung für die absolute Genauigkeit, z. B. bei der Eichung von Standardempfängern, nicht aber für die relative beim Leistungsvorgleich verschiedener Empfänger.

Eine kurze Betrachtung der Fehler dieser Meßmethode ergibt folgendes. Unser Anwendungsbereich verläuft von einem Präzisionsmeßinstrumente können wir den Fehler in der Temperaturmessung mit etwa 0,5% annehmen, dann wird der Fehler des Strahlungsflusses $\pm 0,5\%$. Die Spaltfläche ist beispielsweise 2-0,5 mm und die Meßgenauigkeit hierfür 0,005 mm, dann wird $\pm 0,125\%$. Die Fläche des Spiegels ergibt sich aus $D = 100$ mm mit $\pm D = 0,2$ mm und damit $\pm 0,2\%$. Die beiden Abstände $a = 800$ mm mit einer Genauigkeit von 1 mm ergeben einen Fehler von $\pm 0,125\%$ $\pm 0,25\%$. Die vom Strahlungsempfänger abgegebene Span-

nung U können wir unter Einsatz entsprechender Meßinstrumente und Präzisionswiderstände mit Leichtigkeit mit einer Genauigkeit von 0,25% bestimmen, und damit folgt bei Einhaltung dieser Meßgenauigkeiten ein maximaler Fehler in S_0 von $\pm 0,5\%$. Hinzu kommt nun allerdings noch der Verlustfaktor, der von uns wie gesagt im allgemeinen mit 0,7 angenommen wird. Der mögliche Fehler dieses Verlustfaktors aber ist nur schwer abzuschätzen, ebenso wie seine Veränderungen infolge Änderungen des Reflexionsvermögens der Spiegel, z. B. durch Verschleiß und der Absorption auf der Luftstrecke infolge Veränderung in der Atmosphäre. Für genaue absolute Messungen müssen diese Verluste demnach experimentell bestimmt werden. Für Vergleichsmessungen zwischen Strahlungsempfängern verschiedener Herkunft und Konstruktion können wir eine Genauigkeit von mindestens 0,5% beanspruchen.

Die Praxis hat gezeigt, daß es bei Anwendung dieser zwar exakten, aber komplizierten Methode für Routinemessungen, z. B. in der Werkkontrolle, leicht passieren kann, daß irgendwelche der vielen für das Endresultat entscheidenden Bedingungen schlecht eingehalten bzw. die erforderlichen Einzelmessungen ungenau durchgeführt sein können, wodurch dann größere Fehler im Endresultat zustande kommen, die, falls es sich um Dejustierungen in der Abbildungsoptik handelt, immer zu kleine Empfindlichkeitswerte ergeben. Es ist daher zu empfehlen, diese komplizierte Meßmethode in der Verantwortung des Wissenschaftlers und Ingenieurs allein zur Eichung und Kontrolle von Standards anzuwenden, bei Routinemessungen aber mit Standardempfängern — die in regelmäßigen Zeitabständen einer Kontrolle unterworfen werden — zu arbeiten. Als Strahler sind zweckmäßig einfachere Gebilde zu verwenden, bei denen zur besseren Einarbeitung einer konstanten Temperatur kochende oder schmelzende Substanzen, wie Wasser oder Blei, benutzt werden und deren Emissionsvermögen mit Hilfe der eben erwähnten Standardempfänger kontrolliert werden kann, so daß Veränderungen in dieser Hinsicht durch entsprechende Umrechnung berücksichtigt werden können, wie das in Tabelle 1 für die Werte unter dem Strich geschehen ist.

Diese Methode ist einfach zu handhaben und ergibt daher bei Routinemessungen in der Kontrolle weitgehend zuverlässige Ergebnisse, während bei Anwendung der komplizierten Methode der Erfassungsgabe oft Fehlmessungen und dann nutzlose Diskussionen zustande kommen. Selbstverständlich ist es, daß ein solcher Vergleich mit Standardempfängern nur zwischen Empfängern völlig gleicher Konstruktion ausfallen werden kann, so daß für jede neue Konstruktion durch Eichung mittels der eben beschriebenen Methode erst die dafür gültigen Vergleichswerte bzw. Standardempfang gleicher Konstruktion beschaffen werden müssen.

Bei uns werden solche Kontrollmessungen (in einem sogenannten „Wasser-Kassette“, wie in Bild 2 zu sehen, ausgeführt, dabei wird so verfahren, daß die Thermoelemente bereits im Herstellungsgang in einem Versuchskolben mit planparallelen KR55-Fenster direkt an der Pumpe im Hochvakuum $< 10^{-4}$ Torr vermessend werden, bevor sie in ihre endgültigen Kolben mit dem jeweils gewünschten Fenster (KR55, KBr, Quarz oder Glas, planparallel oder als Linse ausgebildet) eingebaut werden.

Durch Vergleich des Meßergebnisses mit einem Standardelement ergibt sich dann folgende Rechnung: Das Standard-

element mit planparallelem KBr-Fenster habe $S_0 = 7,3$ Volt/Watt und zeige am Wasserkasten bei einer Zimmertemperatur von 22° einen Galvanometerausschlag von 360 Skalenteilen. Das neu zu vermessende Element in einem Versuchskolben mit KRS-5-Fenster zeige dagegen $310'$ Skalenteile, ebenfalls bei 22° , dann beträgt unter Berücksichtigung von $A_0 = 0,7$ für KRS 5 die Grundempfindlichkeit des neuen Elementes im Hochvakuum $S'_0 = 7,3 \cdot 310 = 9,0$ Volt/Watt.

Welchen Galvanometerausschlag, dasselbe Element nach seinem Einbau in den endgültigen Kolben am Wasserkasten zeigt, und zwar zunächst auch noch an der Pumpe, also bei Hochvakuum $< 5 \cdot 10^{-4}$, hängt natürlich von dem Fenster des endgültigen Kolbens ab. Bei Verwendung von Sammellinsen liegt er selbstverständlich erheblich höher, bei planparallelem Fenster muß er gleich dem oben ermittelten S'_0 multipliziert mit dem Verlustfaktor des verwendeten Fenstermaterials sein. In beiden Fällen haben wir aber nun die Möglichkeit, unter Berücksichtigung der Zimmertemperatur nach dem Abziehen von der Pumpe eventuelle Empfindlichkeitsänderungen infolge der Vakuumverluste zu beobachten. Die durch uns zum Verkauf kommenden Thermoelemente werden nach dem Abziehen über mehrere Monate kontrolliert, und erst nachdem die Unveränderlichkeit des Elementes genügend gesichert ist, kommt das Thermoelement mit einem Gütepaß und Garantiechein zur Auslieferung. Bei sorgfältiger Behandlung sind Veränderungen dann nicht mehr zu erwarten. Als Beispiel dieser Konstanz sei das Standardmodell Nr. 12, welches über ein Jahr unter Beobachtung steht, in Tabelle 1 dargestellt, wobei für die reproduzierbare Genauigkeit der Einstellungen und Messungen der relativen Meßmethode $\pm 2,5\%$ angegeben werden kann anstelle der 5% für die absolute Meßmethode. Bei Vermessung von mit Linsen ausgerüsteten Thermoelementen ist zu beachten, daß bei Anwendung der unter 1. beschriebenen Methode folgende 3 Punkte die hierbei gemessene Empfindlichkeit stärker herabsetzen können als ein planparalleles Fenster aus gleichem Material.

1. Größere Verluste durch Reflexion wegen mehr oder weniger geneigtem Einfallswinkel bei starker Wölbung, wobei zu beachten ist, daß die starke Wölbung auf einen ganz anderen Einfallswinkel berechnet sein kann als bei dieser Meßmethode nachgebildet wird.
2. Verluste wegen fehlender chromatischer Korrektur, welche wegen des breiten Spektralbereiches des Strahlers dann merkliche Streuverluste bringen kann, wenn die Fläche F_0 nicht ausreichend klein gegenüber der Empfängerfläche gewählt wird.
3. Ist zu beachten, daß ein planparalleles Fenster, bei welchem Spaltflächen benutzt werden, wesentlich korrosionsbeständigen ist als eine Linse, was leicht dazu führen kann, daß bei einer Linse durch Trübung stärkere Verluste zustande kommen. Insofern verlangen Kristallinsen, wenn z. B. die hohe Durchlässigkeit von KBr wirklich Nutzen bringen soll, äußerste Sorgfalt sowohl in der Herstellung als auch in der Behandlung dieses Strahlungsempfängers, um jeglichen korrodierenden Einfluß durch feuchte Atmosphäre zu vermeiden.

Zusammenfassung

Theoretische Betrachtungen zum Leistungsfaktor nach Jones lassen erkennen, daß bei den bis heute aus der Literatur bekannten Materialdaten ein Leistungsfaktor von mehr als $M = 0,6$ bis $0,7$ kaum erreichbar sein wird und weitere

käuflich erworbene Thermoelemente bestätigen, daß die gegenwärtigen Spitzenleistungen $M = 0,25$ kaum überschreiten. Zur Klärung der Begriffe wird vorgeschlagen, den Begriff einer ursprünglichen oder Grundempfindlichkeit S'_0 und eines eben solchen Grundleistungsfaktors M' einzuführen, welche die Empfindlichkeit und den Leistungsfaktor ohne Anrechnung der Fensterverluste darstellen sollen, während S_0 und M unter Einbeziehung der Fensterverluste gelten. Weiter werden zwei Meßmethoden für die effektive Ermittlung von S_0 und S'_0 beschrieben, wobei die erstere als absolute Meßmethode sich besonders zur Eichung von Standardempfänger eignet, die dann ihrerseits bei der zweiten vereinfachten relativen Meßmethode als Vergleichsstandards dienen können.

Tabelle 1

Datum	Zimmertemperatur t in $^\circ\text{C}$	Ausschlag des Skalen-galvano-meters	Ausschlag des Skalen-galvano-meters (auf des Strahlers reduzier.)	Auf gleiches Emissionsvermögen reduzier.
25. 2. 56	$\rightarrow 21$	260	—	~ 270
27. 2. 56	$\rightarrow 21$	250	—	~ 260
28. 2. 56	$\rightarrow 21$	249	—	~ 260
2. 3. 56	22	220	240	240
10. 3. 56	18	230	230	230
13. 3. 56	15	240	225	225
15. 3. 56	18	235	235	235
17. 3. 56	17	230	225	225
20. 3. 56	16,5	230	223	223
17. 5. 56	—	225	—	—
Fläche des Strahlers neu gestrichen, Emissionsvermögen dadurch 10% größer				
22. 5. 56	19,5	230	240	239
4. 6. 56	25	225	263	238
18. 6. 56	19,8	251	262	238
27. 6. 56	19,1	245	253	230
28. 7. 56	22,8	220	245	222
7. 9. 56	21,9	230	253	230
20. 9. 56	22,7	225	250	227
3. 11. 56	20,9	235	252	229
20. 12. 56	20,8	232	246	223
20. 1. 57	23,4	226	254	231

Zeitliche Konstanz der Empfindlichkeit des Standard-Modells Nr. 12 am Wasserkasten.

1) Anstelle der früher verwandten Bezeichnung „Gütefaktor“ ist es besser, das Wort „Leistungsfaktor“ zu verwenden, um eine Konfusion mit dem Gütebegriff unseres DAMG zu vermeiden.

2) Diese Meßmethode wurde von unserem wissenschaftlichen Mitarbeiter Dr. H. M. Bolz vorgeschlagen.

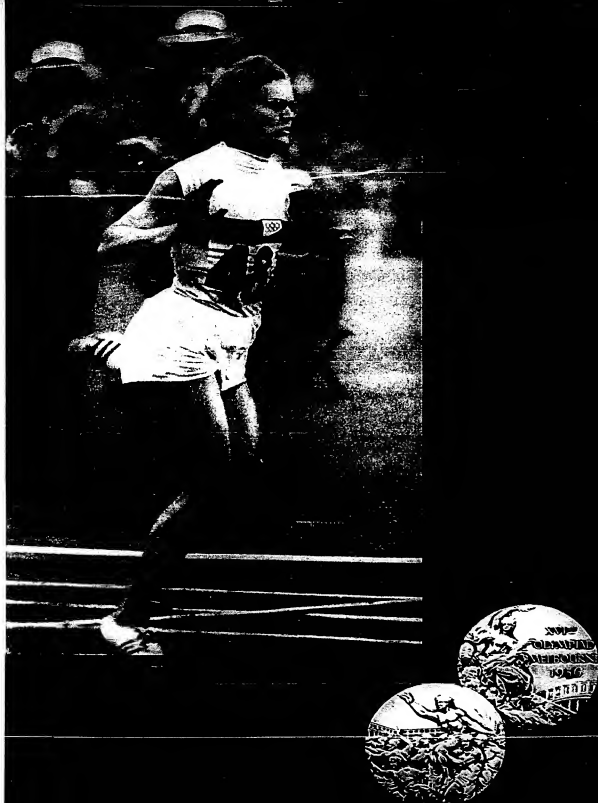
3) Der Verlustfaktor ist hier der Faktor, mit dem die Energieströme zu multiplizieren sind, um die Verluste zu berücksichtigen.

4) Nach einem Vorschlag unseres Laboringenieurs K. Prinz.

5) Zimmertemperatur nicht ermittelt, vermutlich aber größer als 18° .

Literaturverzeichnis

- [1] Jensei Rundschau, H. 1, 1956, 8.
- [2] E. S. Johansen, Ann. d. Phys. 33, 1910, 520.
- [3] L. Genting, ZS f. angew. Phys. 3, 467 (1951), ATM, Blatt J 2404—2 (Nov. 1955).
- [4] M. Telkes, J. Appl. Phys. 18 (1947), 1120, Gl. (9).
- [5] A. F. Joffe, Poluprovodnikowy termoelementy Moskau und Leningrad 1956, S. 46, Gl. (20).
- [6] F. Kuribayashi, Wied. Ann. 67, 846 (1899).





Das Ernst-Abbe-Sportfeld ist eines der schönsten Sportstadien Deutschlands. Es ist ein einziger Sportpark in einem buschheckenumzäunten Gelände von 112 000 qm, das harmonisch in die reizvolle Landschaft der Saalewiesen eingebettet liegt. Seine gepflegten Sportfelder und Wettkampfeinrichtungen sind die Stätten reichen sportlichen Lebens der Sparten und Sektionen aller Disziplinen der Betriebssportgemeinschaft Motor Carl Zeiss Jena und des Sportclubs Motor Jena.

Das Ernst-Abbe-Sportfeld ist zugleich Kampfstätte vieler nationaler und internationaler Sportwettbewerbe.



Eigentum der Carl-Zeiss-Stiftung, werden das Ernst-Abbe-Sportfeld und alle seine neuzeitlichen Einrichtungen vom VEB Carl Zeiss Jena ständig verbessert und unterhalten zum Wohle von mehr als 3 500 aktiven Zeiss-Sportlern und zur Freude von tausenden von begeisterten Sportanhängern unter den Zeiss-Werksangehörigen.

